



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL
DEPORTE

Servicio de análisis biomecánico para corredores populares

Autor: Alejandro González Hernández

Departamento de Salud y Rendimiento Humano

Facultad de Ciencias del Deporte (INEF)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2013-2014



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL
DEPORTE

Servicio de análisis biomecánico para corredores populares

Autor: Alejandro González Hernández

Tutor: Enrique Navarro Cabello

Departamento de Salud y Rendimiento Humano

Facultad de Ciencias del Deporte (INEF)

C/ Martín Fierro, 7. 28040 Madrid.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2013-2014



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor Enrique Navarro Cabello por su ayuda durante todo el trabajo.

También agradecer a todo el equipo del laboratorio su colaboración y ayuda a la hora de hacer los estudios, sin ellos todo hubiera sido mucho más difícil.

Y por último agradecer a mi familia y amigos por haber estado siempre ahí ayudando y colaborando en lo que han podido, sin los cuales esto hubiera sido imposible.

Muchas gracias a todos.



INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CONTENIDOS	III
ÍNDICE DE IMÁGENES	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMEN E INTENCIONES DEL TRABAJO	IX
ABSTRACT	IX
1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	1
1.1.- BIOMECANICA DE LA CARRERA.....	1
1.2.- PRONOSUPINACIÓN	5
1.3.- TÉCNICA DE CARRERA	9
1.4.- PARÁMETROS A DEFINIR DE LA CARRERA.....	13
1.4.-OBJETIVO DEL TRABAJO	13
2.-METODOLOGÍA	14
2.1.- TÉCNICA EXPERIMENTAL	14
2.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL	16
2.3.- PROTOCOLO.....	17
2.4 CRONOGRAMA	25
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
3.1.- RESULTADOS:	27
3.2.- DISCUSIÓN:.....	52
4.- CONCLUSIÓN	53
5.- BIBLIOGRAFÍA	54
6.-ANEXOS	56

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Vicon y laboratorio de biomecánica.....	14
Imagen 2: presentación a los corredores	18
Imagen 3: firma del consentimiento informado.....	18
Imagen 4: corredor preparado para la prueba.....	19
Imagen 5: medida de la estatura del corredor.....	19
Imagen 6: pesaje.....	20
Imagen 7: marcaje del cuerpo.....	21
Imagen 8: colocación de marcadores.....	21
Imagen 9: captura en estático	22
Imagen 10: calentamiento	23
Imagen 11: realización de la prueba	23
Imagen 12: realización de la prueba	24
Imagen 13: informe	26
Imagen14: skipping	63
Imagen 15: talones al glúteo	63
Imagen 16: carrera lateral	64
Imágenes 17 y 18: carrera lateral cruzada	64
Imagen 19: carrera de espaldas.....	65
Imagen 20: talón-punta	65
Imagen 21: caperucitas	66
Imagen 22 y 23: andar de puntillas-talones.....	66
Imagen 24: tijeras.....	67
Imagen 25: batidas encadenadas	67
Imagen 26: estiramiento tibial anterior	68
Imagen 27: fortalecimiento tibial anterior.....	68

Imagen 28: estiramiento tibial posterior.....	69
Imagen 29 y 30: fortalecimiento del tibial posterior	69
Imagen 31: estiramiento peroneo lateral largo	70
Imagen 32: estiramiento de los dedos del pie	70
Imagen 33: fortalecimiento de los dedos del pie	70
Imagen 34: estiramiento de los dedos del pie	71
Imagen 35: fortalecimiento extensor de los dedos	71
Imagen 36: estiramiento de gemelos	71
Imagen 37: estiramiento del soleo.....	72
Imágenes 38 y 39: fortalecimiento de los músculos anteriores	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: ángulos de referencia de pronosupinación	9
Tabla 2: cronograma	25
Tabla 3: sujeto 1 pierna derecha	28
Tabla 4: sujeto 1 pierna izquierda	28
Tabla 5: sujeto 2 pierna izquierda	30
Tabla 6: sujeto 2 pie izquierdo.....	30
Tabla 7: sujeto 2 fuerzas de reacción.....	31
Tabla 8: sujeto 2 pierna derecha	31
Tabla 9: sujeto 2 pie derecho.....	32
Tabla 10: sujeto 2 pierna derecha	32
Tabla 11: sujeto 3 pierna derecha	36
Tabla 12: sujeto 3 pierna izquierda	37
Tabla 13: sujeto 4 pierna izquierda	38
Tabla 14: sujeto 4 pierna derecha	39
Tabla 15: sujeto 5 pierna izquierda	40
Tabla 16: sujeto 5 pierna derecha	41
Tabla 17: sujeto 6 pierna izquierda sin plantillas	42
Tabla 18: sujeto 6 pierna izquierda con plantillas	42
Tabla 19: sujeto 6 pierna derecha sin plantillas.....	43
Tabla 20: sujeto 6 pierna derecha con plantillas	43
Tabla 21: sujeto 7 pierna izquierda	44
Tabla 22: sujeto 7 pierna derecha	45
Tabla 23: sujeto 8 pierna izquierda	46
Tabla 24: sujeto 8 pierna derecha	47
Tabla 25: sujeto 9 pierna izquierda	48

Tabla 26: sujeto 9 pierna derecha	49
Tabla 27: sujeto 10 pierna izquierda	50
Tabla 28: sujeto 10 pierna derecha	51
Tabla 29: sujetos pronadores	52
Tabla 30: sujetos supinadores	52
Tabla 31: material fungible	56
Tabla 32: técnicas instrumentales	57
Tabla 33: procesamiento de datos Vicon	62

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

-CSD: Consejo superior de deportes.

-Ref: Referencia.

-Dif: Diferencia.

-Lz: Longitud de zancada.

-Fz: Frecuencia de zancada.

-E.E.U.U: Estados Unidos.

-CG: Centro de gravedad.

-3D: tres dimensiones.

-2D: dos dimensiones.

-Hz: Hercios.

-m: metros.

-m/s: metros por segundo.

-CM: Centro de masas.

RESUMEN E INTENCIONES DEL TRABAJO

En la actualidad uno de los deportes más practicados de forma no profesional es la carrera, y como se ha podido observar durante los últimos años una gran parte de los corredores suele sufrir lesiones en la parte inferior del cuerpo por lo menos una vez al año. El motivo de este trabajo es prestar un servicio a corredores populares con la intención de ayudarles y aconsejarles cómo prevenir dichas lesiones, para que puedan disfrutar de éste deporte con salud, para ello se les ha realizado un estudio del análisis de la pisada, hallando diferentes ángulos de pronosupinación y fuerzas de impacto.

Este servicio se ha realizado durante los meses de marzo, abril y mayo.

Y esperamos que sirva de punto de inflexión para que en un futuro, aumente este tipo de estudios y así conseguir más datos sobre los corredores y de esta manera mejorar la carrera y salud de los deportistas de este país.

ABSTRACT

Currently one of the most practiced sports not professionally is the race, and as has been observed in recent years a lot of runners often suffer injuries to the lower part of the body at least once a year. The purpose of this paper is to provide a service to popular brokers with the intention to help and advice how to prevent injuries, so they can enjoy the sport with health; for this they have been subjected a study analyzing the footprint, finding different angles supination and impact forces.

This service has been made during the months of March, April and May.

And we hope to serve as a turning point in the future, increase this type of study and thus get more data on runners and so improve the career and health of athletes in this country.



1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1.- BIOMECANICA DE LA CARRERA

La carrera en nuestros días tiene una gran importancia en la población activa española, según los últimos datos de 2005 sacados por el CSD el 11,1% de las personas activas en nuestro país corre y no solo eso sino que de ese 11,1% el 46,3% afirma correr 3 o más veces por semana, un 34,7% al menos 1 o 2 veces por semana, y un 16,6% con menos frecuencia (CSD, 2005). Pero la carrera no es un deporte que haya surgido ahora de repente o en los últimos años, no la carrera se lleva practicando desde el principio de la humanidad y ha tenido importancia desde allí hasta nuestros días, como se ha podido observar en la historia a través de los años, primero con los griegos donde ya se practicaba la carrera como deporte, como se puede observar en los jarrones griegos y en los escritos de Aristóteles, y el estudio del movimiento por parte de personajes históricos como son da Vinci y Newton (con sus tres leyes). Los hermanos Weber (Wilhelm y Eduard) en 1836 elaboraron el estudio más completo sobre la marcha y la carrera. Y así hasta nuestros días han estado siempre en evolución los estudios y mejoras de la carrera, como han podido ser utilización de técnicas de fotografía, cámaras y plataformas de fuerzas, todo ello con el objetivo de mejorar la técnica de carrera y evitar lesiones. En el campo de la carrera sobre todo en la carrera de fondo, el número de corredores ha aumentado una barbaridad en E.E.U.U a principio de 1970 aproximadamente 30 millones corren por la recreación o la competencia, y este número va en aumento, y de toda esta cantidad de gente se ha podido saber que cada año entre un cuarto y un medio de los corredores a nivel mundial sufre una lesión que le produce un cambio en su rendimiento deportivo o en la propia marcha (Novacheck, 1997).

Ante este gran número de lesionados los grandes beneficiarios están siendo las empresas de calzado y de plantillas, ya que estas lesiones se producen debido a la aplicación repetitiva de pequeñas cargas durante muchos ciclos repetitivos. Por lo que estas empresas se han dedicado a fabricar zapatillas

especiales para evitar dichas lesiones, haciendo zapatillas que amortigüen las fuerzas de impacto que se producen en la carrera, reforzando el talón y otras partes de las zapatillas. Se han centrado en tres puntos clave:

1. Absorción de impactos en el contacto del talón reduciendo el pico inicial de la fuerza de reacción (protege contra el daño en la articulación del cartílago);
2. Proteger en la fase del apoyo contra la superficie áspera del asfalto;
3. Buscar la alineación de la parte delantera del pie para lograr una distribución uniforme de las fuerzas de impacto en las zonas más lesivas.

Por estas razones, las tres áreas principales de enfoque para diseño de zapatos son la atenuación del impacto en el talón, el control del movimiento del retropié y la parte delantera del pie en la fase de apoyo. Un zapato ideal construido proporciona la absorción de choque y la estabilización del pie. A la hora de comprarse una zapatilla hay que tener muchas variables en cuenta para no fallar en la elección como pueden ser el grado de pronosupinación, el grado de flexibilidad del pie y el peso corporal de la propia persona, porque si no como pasa muy a menudo las zapatillas no obran milagros por si solas y no producen ninguna mejoría en la lesión. Estabilidad y control de movimiento se consiguen mediante, contadores de talón más rígidos, sistemas de cordón, placas de fibra de vidrio de la suela intermedia, y combinaciones de materiales de diversa densidad media de la suela de la zapatilla. Se intenta evitar la pronación y mantener de la zona delantera del pie neutral para así conseguir una correcta distribución de las fuerzas y de esta manera reducir lesiones. La amortiguación y el control del retropié requieren opuestas características en el diseño. Por lo tanto, un único diseño de calzado no puede conseguir ambos objetivos. Para mayor amortiguación, se necesita suela gruesa y unos zapatos suaves, pero los materiales más blandos controlan mal la pronación (Novacheck, 1997). Pese a todos los avances en la amortiguación del pie, las lesiones crónicas en la carrera persisten y se han reducido de forma muy poco significativa, por lo cual se puede deducir que dichas lesiones no están relacionadas con las fuerzas de impacto ni con la alineación del pie (Novacheck, 1997). Para poder

conseguir una mayor avance en las lesiones se debería trabajar en equipo expertos en la carrera con las empresas de plantillas y calzado y experimentar con sujetos corredores, para así analizar la carrera y lesiones de una forma más profesional, y no generalizar las lesiones, poniendo para cada lesión una zapatillas, ya que cada persona es diferente y de esta manera no se consigue arreglar el problema de los lesionados. Y esto no quiere decir que las fuerzas de impacto no sean importantes a la hora de evitar lesiones, que es fundamental amortiguarlas, pero no es esa la causa fundamental. Para la prevención de lesiones hay que fijarse la biomecánica de la carrera de los sujetos (Novacheck, 1997).

La marcha humana es un proceso de locomoción en el cual el cuerpo humano, en posición erguida, se mueve hacia adelante, siendo un peso soportado, alternativamente, por ambas piernas (Inman et al 1981).

Mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia adelante como preparación para el siguiente apoyo.

El ciclo de la marcha comienza cuando llega un pie en contacto con el suelo y termina cuando el mismo pie hace contacto con el suelo otra vez.

Durante el ciclo de marcha completo, cada pierna pasa por:

- una fase de apoyo (60%), durante la cual el pie se encuentra en contacto con el suelo. Esta fase comienza con el contacto inicial y finaliza con el despegue del antepié.
- una fase de oscilación (40%), en el cual el pie se halla en el aire, el tiempo que avanza, como preparación para el siguiente apoyo. Esta fase transcurre desde el instante de despegue del antepié hasta el siguiente contacto con el suelo. (Blanca de la Cruz, 2009).

El pie durante la marcha tiene varios apoyos:

- Apoyo de talón o contacto inicial: tiene lugar con la parte posteroexterna del talón para, inmediatamente después ir apoyando el quinto y luego el primer metatarsiano, mientras el peso es transferido de un pie a otro.

- Apoyo sobre el pie completo o fase de soporte. Esta fase coincide con la oscilación desde atrás hacia delante de la pierna contralateral, que se prepara para recibir un nuevo apoyo. En esta fase los tres arcos plantares sufren las mayores deformaciones y la mayoría de las reacciones de equilibrarían por parte de la musculatura que se inserta a lo largo de la tibia y peroné y la musculatura intrínseca del pie.
- Apoyo sobre el antepié o fase propulsiva. En esta fase se produce una contracción del tríceps sural que se encarga de impulsar el cuerpo sobre el pie más adelantado, produciéndose una progresiva extensión del tobillo, el talón se despegas del suelo y se produce la flexión dorsal de los dedos.

- Interacciones mecánicas del pie con la superficie:

Durante el desempeño de las actividades humanas, el pie interactúa mecánicamente con la superficie transmitiendo al cuerpo las fuerzas de reacción generalas sobre el suelo. Para ello:

>Por un lado, amortigua la carga derivada del peso corporal y los impactos producidos en el choque del pie con el suelo al caminar o correr.

>Y por otro, transmitiendo el impulso proporcionado por la potente musculatura posterior de la pierna (Blanca de la Cruz, 2009).

En cambio durante la carrera, el deportista sigue un patrón general de movimientos en el que pueden distinguirse dos fases:

1. fase de apoyo monopodal, en el que el corredor contacta con el suelo con un solo pie para tomar apoyo e impulsarse hacia delante.
2. fase de vuelo, durante el cual el cuerpo se desplaza hacia delante mientras se mantienen ambos pies sin contacto con el suelo. El ciclo se completa con una nueva fase de apoyo monopodal pero realizado por la pierna contraria.

La diferencia fundamental entre el ciclo de marcha y el de carrera es:

- la fase de vuelo que existe en la carrera y no en la marcha.
- La fase de doble apoyo que existe en la marcha pero no en la carrera.

En esta fase la carga corporal es transferida desde el apoyo de la pierna

más retrasada a la pierna más adelantada. Este mecanismo, que asocia la acción combinada de las articulaciones de la cadera, la rodilla y del tobillo, permite el desplazamiento de la masa corporal sin cambios abruptos en la elevación alcanzada por el centro de masas del cuerpo. Por tanto, la marcha será una sucesión de apoyos unipodales y bipodales mientras que la carrera será una sucesión de apoyos unipodales y de vuelos bipodales. Sin embargo, dependiendo de la velocidad de la carrera, las fases de contacto inicial pueden verse alteradas (Blanca de la Cruz, 2009).

Cuando la gente corre al impactar el pie contra el suelo se producen unas fuerzas de impacto, dicha fuerza de impacto es un tipo de fuerza de reacción vertical de la carrera, se define como el contacto de dos cuerpos que colisionan durante un breve periodo, depende mucho de la velocidad de carrera y de la técnica de carrera utilizada.

Las fuerzas máximas de impacto en la carrera van de 1,6 a 2,3 veces el peso dependiendo de la velocidad a la que se vaya, cuanto más rápido más impacto. En cambio la fuerza máxima de propulsión fluctúa entre 2,5 y 2,8 veces el peso también dependiendo de la velocidad a la que se vaya (Ferrero Sánchez, A., 2001).

1.2.- PRONOSUPINACIÓN

La pronación y la supinación son movimientos que se producen en la articulación entre el astrágalo y el calcáneo. La articulación subastragalina puede realizar movimientos en los tres planos del espacio de forma que la porción anterior del calcáneo efectúa movimientos en tres direcciones espaciales. Cuando el calcáneo se inclina sobre su cara interna se habla de pronación, mientras que si lo hace sobre la cara externa se habla de supinación (Fucci, Benigni y Formasari, 2003; Kapandji, 2004). La pronación se produce durante la fase de absorción del impacto, entonces el pie supina en la fase palanca para producir le llamado “push-off” (Novacheck, 1997).

El ángulo que se suele tomar como referente para la pronación y la supinación es el formado por la línea del tendón de Aquiles y la línea vertical medial del calcáneo (Aguado, 1997). Cuando estas dos líneas tienen la misma dirección el ángulo formado toma un valor de cero grados y se habla de posición neutra. Es aquí cuando el calcáneo se encuentra perpendicular al suelo. Si estas dos líneas no son paralelas nos encontraremos ante una supinación o una pronación según hacia dónde se produzca la inclinación del calcáneo con respecto al astrágalo (Rojano, 2009).

La pronación es un mecanismo utilizado para adaptar el pie al terreno y para disminuir las fuerzas de impacto absorbidas (Nilsson y Thortensson, 1989; Perry y Lafortune, 1995; Jiménez, 2004). A mayor pronación, mayor amortiguación (Rueda, 2003).

La supinación es un mecanismo utilizado para estabilizar el antepié sobre el retropié de forma que el pie actúe como una palanca rígida durante la propulsión, protegiendo el tobillo de inestabilidad y disminuyendo la dependencia de la musculatura peronea (Jiménez, 2004). La pronación máxima suele darse durante el apoyo plantar completo, mientras que la supinación máxima suele darse durante la fase de impulso (Aguado, 1997).

Dependiendo de si estamos corriendo, andando o marchando y de a la velocidad a la cual lo estemos haciendo, los valores máximos de pronación y de supinación serán diferentes. Es importante conocer cuáles son los rangos normales de pronación y de supinación durante el ejercicio y los problemas que pueden provocar tener unos valores demasiados altos de los mismos (Rojano, 2009).

Se ha estimado que la amplitud de movimiento de la articulación subastragalina varía desde 20 grados a 62 grados (Peroni, 2002) y es muy importante a la hora de evitar lesiones que la supinación alcance valores que sean aproximadamente el doble que la pronación (Subotnick, 1985). Tanto durante la marcha como durante la carrera existen unos valores máximos que se consideran normales para la pronación y para la supinación. Así, para el desarrollo de una marcha normal son necesarios de 4 grados a 6 grados de pronación y de 8 grados a 12 grados de supinación (Peroni, 2002), mientras

que durante la carrera se considera que un funcionamiento normal de la articulación subastragalina tiene unos valores de pronación que pueden llegar hasta los 10 grados / 15 grados y los de la supinación hasta los 20° (Aguado, 1997).

Los valores considerados normales para la carrera y la marcha varían además, según la persona y en función de las condiciones del ejercicio (como pueden ser la velocidad de la carrera, la frecuencia del entrenamiento, la superficie en la cual se entrena...). Por lo tanto no se pueden tener unas referencias fiables y estrictas para todo el mundo, ya que siempre habrá diferentes variables a tener en cuenta para cada persona, y siempre hay que estudiar el caso concreto de cada persona y analizarlo a fondo para no cometer errores de generalizar, como suele hacerse con plantillas y zapatillas consiguiendo la no prevención de lesiones.

Por otro lado parece ser que a medida que aumenta la velocidad de desplazamiento aumenta también la pronación (debido a que es un mecanismo de amortiguación de las fuerzas de impacto) y que en consecuencia un aumento de la pronación lleva consigo una disminución de la supinación y viceversa.

Según Gil, Marín y Pascua (2005), un pie que trabaja pronado puede ser el responsable de alteraciones en la parte externa de la rodilla, de la cadera y de que algunos músculos trabajen de manera más forzada, mientras que un pie supinado suele dar problemas en la parte interna de la cadera y de la rodilla.

Se considera que al tener una pronación excesiva en el pie y que por lo tanto se realice un movimiento anormal de la articulación del tobillo, pueda producir durante el transcurso de miles de ciclos repetitivos (como ocurre en la carrera) conduzca a un aumento excesivo de la rotación interna de la tibia, lo cual conduce a diferentes lesiones (Novacheck, 1997).

La pronación del pie implica diferentes movimientos articulares en el retropié y en la zona medial del pie y esto es causado por la absorción del impacto en la fase de contacto con el suelo, se ha podido observar en la gente con una pronación excesiva suelen ser más vulnerables a diferentes tipos de lesiones

como son los casos de fractura metatarsiana, fascitis plantar, tendinitis del tendón de Aquiles y producir el síndrome de estrés tibial medial (Cheung; Chung, 2011).

Ante estas lesiones las soluciones más utilizadas por parte de las clínicas son las siguientes:

- plantillas para el pie: sirven para alinear los pies proporcionando apoyo externo adicional sobre diferentes estructuras, por ejemplo, el soporte para el arco del pie.
- zapatos ortopédicos para correr o andar: permite desaceleración de la pronación del pie de durante la fase de contacto y límites en la pronación en el fase de apoyo.
- cintas adhesivas terapéuticas: controla los movimientos articulares del pie aplicando una presión externa máxima sobre la piel (Cheung; Chung, 2011).

Si bien se ha podido comprobar que en un 70% de los casos que se han aplicado estos métodos el corredor ha tenido alguna mejoría, no se pueden utilizar en todos los casos de corredores lesionados, ya que ha habido casos en los cuales las zapatillas o las plantillas han producido un estrés adicional en la articulación del tobillo empeorando de esta manera la lesión (Sports med, 1998).

Los datos tomados como referencia en este estudio sobre los ángulos de inversión-eversión del tobillo son los siguientes (Novacheck, 1997):

Lo cual nos deja las siguientes conclusiones:

- un ángulo de movimiento de pronación de 11grados (1º fase).
- un ángulo de movimiento de supinación de 16 grados (2º fase).
- un ángulo de movimiento de pronación de -3 grados en la fase final.

Fase	Valor
Supinación al inicio del contacto	3°
Máximo de pronación	-8°
Máximo de supinación	8°
Posición final de despegue	5°

Tabla 1: ángulos de referencia de pronosupinación

Lo cual nos deja las siguientes conclusiones:

1. un ángulo de movimiento de pronación de 11grados (1° y 2° fase).
2. un ángulo de movimiento de supinación de 16 grados (2° y 3°fase).
3. un ángulo de movimiento de pronación de -3 grados en la fase final.

1.3.- TÉCNICA DE CARRERA

Cuando corremos el objetivo principal es ir lo más rápido posible sin cansarnos, para de esta manera no tener que reducir nuestro paso. Y intentar correr lo más veloz posible gastando el mínimo de energía. A estas dos cosas se denomina economía de la carrera y depende en su mayoría de la técnica de carrera utilizada por el corredor (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

En uno de los deportes en el cual más influye la técnica de carrera es en el triatlón, ya que empiezan a correr es un estado de fatiga provocado previamente y por lo tanto el atleta debe poseer el tipo de carrera más económico posible. Dicha técnica de carrera debe estar orientada en todo momento a evitar las lesiones ya éstas suelen producirse por un movimiento mal ejecutado y repetido varias veces hasta conducir a la lesión.

Según Romanov (1977) solo existe una posición desde la cual el corredor puede utilizar la fuerza de gravedad en su provecho, aumentando la velocidad de carrera y disminuyendo la incidencia de lesiones. Es la siguiente:

- a. Mantener al atleta en un marco de movimiento.
- b. Mantener las rodillas ligeramente dobladas todo el tiempo.
- c. El apoyo se debe realizar en la parte media del pie (metatarso).

- d. En el momento de lograr contacto con el suelo (con el metatarso) la cadera debe estar por encima del punto de soporte, no adelante y no atrás.
- e. El atleta debe buscar elevar el pie del piso en el momento de lograr contacto con el suelo. Esto le ayuda a aprovechar la fuerza de reacción del suelo.
- f. El atleta debe mantener una ligera inclinación desde los tobillos para mantenerse en un estado de caída perpetua.

Otra de las variables de las cual depende correr económicamente son las fuerzas que afectan al corredor y a la carrera, dichas fuerzas son la gravedad, la fuerza de reacción del suelo, la plasticidad muscular y el trabajo muscular, ésta última conlleva un coste energético muy alto para el atleta (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

Para tener una correcta técnica de carrera hay que tener un correcto ciclo de movimiento que consiste en las siguientes fases:

- FASE DE IMPULSO:

Es la fase más importante en la carrera, porque la velocidad y la propulsión generadas dependen de la intensidad y de la dirección de las fuerzas de impulso. Cuando el centro de gravedad sobrepasa la vertical las articulaciones del pie, rodilla y caderas se extienden, provocando la cadera se proyecte hacia adelante. Mientras la otra pierna (libre) está flexionada hacia adelante arriba, provocando un tándem de fuerzas , coincidiendo la máxima extensión de la de “impulso” con la mayor elevación del muslo de la pierna libre, cuyo pie lleva la punta hacia arriba, mientras que el del suelo al abandonarlo lo hace por la parte interna del metatarso extendiéndose hasta los dedos. Mientras los brazos se mueven de forma inversa a las piernas, con el movimiento de brazos se absorben las fuerzas de reacción provocadas por el impulso de las piernas sobre el suelo, evitando de esta manera giros en el tronco que provocarían una reducción en la economía de la carrera. Cuando el pie de impulso deja el suelo, la pierna se eleva por detrás flexionándose por la acción refleja, mientras que la opuesta pierde tensión, produciendo que se abra el ángulo de la rodilla y

descendiendo lentamente el muslo (inicio de la fase de suspensión o vuelo) (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

- FASE DE SUSPENSIÓN:

La fase de suspensión es la que sigue a la fase impulso y está depende del ángulo de despegue describiendo una parábola de vuelo proyectada por el CG (centro de gravedad) una vez terminado el contacto con el piso, en esta fase se pierde velocidad. El pie de impulso se eleva por detrás, mientras que la otra pierna se abre al frente comenzando su descenso con una tracción activa hacia el suelo a la par que la contraria. Todo este ciclo puede considerarse como de relajación durante el vuelo y constituye el desplazamiento (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

- APOYO:

Cuando el pie llega al suelo haciendo contacto, lo primero que apoya es el metatarso (con la parte externa), al mismo tiempo que se flexiona la rodilla opuesta avanza flexionándose casi por completo, sobrepasando la pierna de apoyo, continuando el movimiento al frente hasta que empieza la fase de impulso (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

La fuerza con la que impactamos en el suelo, se ve amortiguada por las características elásticas de los músculos y tendones tanto del pie, como del resto de la pierna. Cuanto menor sea la velocidad de la carrera, mayor será el tiempo de contacto, por lo cual, si pretendemos ir deprisa, debemos mitigarlo.

Por otro lado el tronco y la cabeza también tener una correcta postura para mejorar la técnica de carrera (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004):

-El tronco debe estar ligeramente inclinado hacia adelante, porque facilita la acción de avance. Cuanto más elevada es la velocidad, mayor es la inclinación, y viceversa.

El tronco se mueve como consecuencia de la coordinación de la mecánica de la carrera: ayudado por la acción de los brazos, realiza un movimiento de torsión cuya amplitud depende del objetivo de la carrera (larga distancia, corta distancia...).

La posición de la pelvis controla el movimiento de la columna lumbar. Si se sitúa en posición incorrecta, creara dificultades en el movimiento de piernas.

- La cabeza se dirige al frente y alineada de forma natural con el tronco. No flexionarla hacia delante ni hacia atrás.

El movimiento de brazos correcto coordinado con la zancada es el siguiente:

Según aumenta la distancia a recorrer, disminuye la intensidad de la acción de los brazos, que es siempre equilibradora. Los brazos se mueven rítmicamente, sincronizados por las piernas, con economía y des contracción muscular, sirviendo más de equilibradores y coordinadores que para intervenir de manera activa en la proyección del cuerpo. Puede hablarse de sincronización perfecta cuando la elevación de la rodilla de la pierna delantera termine al mismo tiempo que la oscilación atrás del codo correspondiente, es decir, el del brazo contrario a la pierna de referencia (Clareth Jaramillo Rodríguez, 2004).

Los errores más importantes en la técnica de carrera son los siguientes:

1. Extensión incompleta de la pierna de impulso.
2. Trayectoria aérea desproporcionadamente alta, que provocara oscilaciones.
3. No elevar la rodilla de la pierna libre lo suficiente.
4. Colocar el tronco excesivamente adelantado o inclinado hacia atrás.
5. Mover los brazos con una trayectoria lateral en lugar de adelante-atrás.
6. Llevar los brazos muy flexionados o excesivamente abiertos.
7. Acompañar el movimiento de los brazos con una marcada rotación del tronco.
8. En la fase de apoyo, flexionar excesivamente la pierna.
9. Apoyar el pie con toda la planta, lo que provoca un retraso de las acciones posteriores.

1.4.- PARÁMETROS A DEFINIR DE LA CARRERA

- *Longitud de zancada* (Lz): es una variable biomecánica que describe la carrera, abarca tres distancias: distancia de impulso, distancia de vuelo y distancia de frenado, los buenos corredores desarrollan una gran longitud de zancada.

Cuando nos referimos a la Longitud de Zancada expresamos cómo es de largo cada paso, es decir, cuántos metros recorremos en cada paso o zancada.

- *Frecuencia de zancada* (Fz): es una variable biomecánica que describe la carrera, es un factor temporal que se refiere al ritmo de movimiento, número de pasos por unidad de tiempo o cadencia, los buenos corredores adoptan una menor frecuencia de zancada.

Cuando nos referimos a la Frecuencia de Zancada expresamos cómo son de rápidos nuestros pasos, es decir, cuántas zancadas o pasos damos por segundo (Ferrero Sánchez, A., 2001).

1.4.-OBJETIVO DEL TRABAJO

El laboratorio de Biomecánica deportiva de la UPM está poniendo a punto un servicio de Análisis Biomecánico de la Carrera dirigido a cualquier deportista profesional o amateur. Se pretende ayudar a los deportistas mejorando su rendimiento y previniendo la aparición de lesiones.

Los objetivos del trabajo han sido:

- 1) Poner a punto los protocolos del Servicio de Análisis Biomecánico de la Carrera del laboratorio de biomecánica deportiva del INEF.
- 2) Realizar un Análisis Biomecánico de la pisada de corredores que han solicitado el servicio (verdaderos clientes).

2.-METODOLOGÍA

2.1.- TÉCNICA EXPERIMENTAL

- Sistema de Captura Automática del Movimiento en 3D VICON (Tebuut, P and col; 2002):

Este sistema determina la posición de marcadores reflectantes adheridos al cuerpo del sujeto. Los Marcadores son de pequeñas dimensiones (máximo: 2 cm de diámetro y 1 gramo de peso). Se compone de 6 Cámaras de luz Infrarroja que registran el espacio de movimiento a frecuencias entre 60 y 1000 Hz. Este sistema multicámara es de última generación permite capturar el movimiento de un sujeto a tiempo real sin apenas interferir en su ejecución. Posteriormente a la captura Software permite la simulación en 3D y la obtención de un amplio conjunto de variables mecánicas.

Los Elementos del Sistema son:

- 6 Cámaras de vides de Infrarrojo de alta Velocidad.
- Kit de marcadores y varillas de calibración.
- Data Station. Captura del movimiento en 3D.
- Software Polygon de Análisis Biomecánico.



Imagen 1: Vicon y laboratorio de biomecánica

- Sistema de Fotogrametría Vídeo 2D-3D (Tebuut, P and col; 2002):

Es un sistema que permite la obtención de las coordenadas 2D y 3D de puntos del cuerpo a partir de imágenes de vídeo. Al contrario que el sistema anterior, éste no necesita de la colocación de marcadores en el cuerpo del sujeto siendo, por tanto, es ideal para estudios de campo (en competición y entrenamiento deportivos). Se destaca su utilización con cámaras de vídeo de alta velocidad lo que permite el análisis in situ de gestos como lanzamientos (jabalina, disco, martillo) y golpes (tenis, golf).

Los elementos del Sistema son:

- 3 cámaras de Video Mini DV.
 - 2 Cámaras de Vídeo Alta Velocidad (60-500 Hz).
 - Sistema de Calibración: Cubo desmontable de 2 x 2 x 2 m.
 - Sistema de Captura y Digitalización de Imágenes compuesto por 1 Magnascopio, 1 Tarjeta capturadora de Vídeo, Software.
 - Software de Análisis Biomecánico.
- Plataformas de fuerzas:

Las plataformas dinamométricas son sistemas de análisis cinético del movimiento que permiten medir las fuerzas que el pie ejerce sobre el plano de apoyo durante la marcha, la carrera o el salto.

Estas técnicas tienen su fundamento en la tercera ley de Newton *-principio de acción-reacción-* que dice que puede obtenerse el valor de una fuerza externa ejercida sobre una superficie al hallar la fuerza que origina, igual en magnitud y dirección, pero de sentido contrario. Toda fuerza aplicada sobre la plataforma dinamométrica producirá una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se haya aplicado y que se proyectará en los tres ejes del espacio (x, y, z) (Collado Vázquez, S., 2005).

Mediante el uso de plataformas de fuerzas se puede averiguar un gran número de variables: fuerzas verticales, fuerzas anteroposteriores, fuerzas medio

laterales, el tiempo de apoyo, la simetría del gesto en caso de actuar las dos fuerzas, la potencia, el índice de manifestación de la fuerza, velocidad de despegue...También sirve para averiguar las diferentes patologías en la marcha y la carrera (Ferrero Sánchez, A., 2001).

En nuestro caso en el laboratorio se encontraban las siguientes plataformas:

Plataformas Dinamométricas (Tebuut, P and col; 2002):

Se dispone de 4 plataformas que permiten la medida de las fuerzas de reacción en el apoyo en las tres direcciones del espacio a frecuencias de hasta 1000 Hz. Las plataformas se encuentran encastradas en el suelo lo que permite su uso para el estudio de la marcha, la carrera, los saltos etc. Los elementos del Sistema son:

- 4 plataformas Dinamométricas
 - Software
 - Pasillo de Registro de Datos: Postizo de madera encastrado en un foso para fijación de las plataformas.
- En el laboratorio también se podían encontrar sistemas de Electromiografía y Acelerómetros, aunque en nuestro caso no los hemos utilizado:

Sistema de Electromiografía inalámbrico para el registro de la actividad muscular consistente en 16 electrodos de superficie y una tarjeta de adquisición de datos con el software de tratamiento correspondiente.

2.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL

- **MUESTRA:**

Este estudio consta de 10 sujetos, los cuales son corredores populares habituales que suelen correr 2,3 veces por semana o incluso alguna vez más.

- MOVIMIENTO A ANALIZAR (la carrera):

En este estudio hemos analizado la carrera de la cual más específicamente 3 apoyos con la pierna izquierda en la plataforma de fuerzas y < 3 apoyos con la pierna de derecha en la plataforma de fuerzas, además de una captura en estático sobre dicha plataforma. Esto en cada sujeto de forma individualizada.

- VARIABLES:

- *Longitud de zancada*: es una variable biomecánica que describe la carrera, abarca tres distancias: distancia de impulso, distancia de vuelo y distancia de frenado, los buenos corredores desarrollan una gran longitud de zancada.
- Cuando nos referimos a la Longitud de Zancada expresamos cómo es de largo cada paso, es decir, cuántos metros recorremos en cada paso o zancada (Ferrero Sánchez, A., 2001).
- *Frecuencia de zancada*: es una variable biomecánica que describe la carrera, es un factor temporal que se refiere al ritmo de movimiento, número de pasos por unidad de tiempo o cadencia, los buenos corredores adoptan una menor frecuencia de zancada.
- Cuando nos referimos a la Frecuencia de Zancada expresamos cómo son de rápidos nuestros pasos, es decir, cuántas zancadas o pasos damos por segundo (Ferrero Sánchez, A., 2001).
- *ángulos de pronosupinación*: El ángulo que se suele tomar como referente para la pronación y la supinación es la diferencia entre la línea del tendón de Aquiles y la línea del retropié (calcáneo). Cuando estas dos líneas tienen la misma dirección el ángulo es cero (se suelen tomar los ángulos de la supinación como positivos y los de la pronación como negativos) (Ferrero Sánchez, A., 2001).

2.3.- PROTOCOLO

1. Lo primero antes de que llegue el sujeto es tener todo el material preparado y listo para usarse, para luego no hacer esperar al sujeto, para ello

preparemos el material fungible, es decir, las mallas, camisetas, marcadores, cinta adhesiva, etc. (ver anexo1)

2. Tener preparada el protocolo de registro de datos, el consentimiento informado, la hoja de daos del sujeto, para que cuando llegue el corredor no haya ningún contratiempo.
3. Lo siguiente es la preparación de las técnicas instrumentales, preparación del Vicon, comprobar que funciona todo (ver en Anexo2).
4. Una vez preparado todo, llega el sujeto lo primero que se le hace nada más llegar es la presentación de las personas que van a llevar el proceso y de los colaboradores, después se le explica en que va a consistir el proceso y cómo va a funcionar todo, respondiéndole cualquier duda que fuera a tener.



Imagen 2: presentación a los corredores

5. El siguiente paso es la firma del consentimiento informado, ver en el Anexo3.

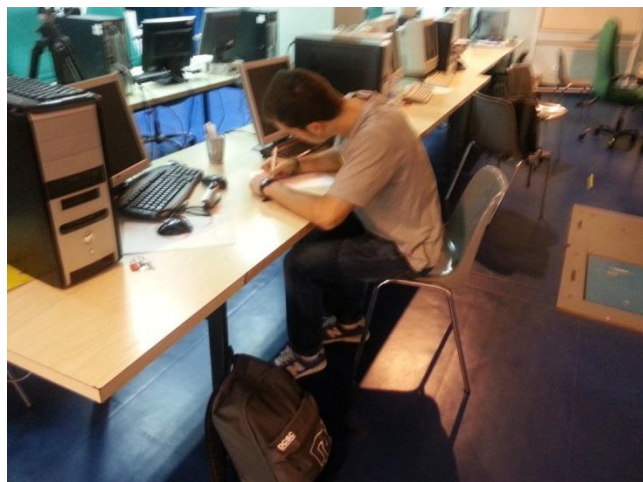


Imagen 3: firma del consentimiento informado

6. Una vez terminada la encuesta se pone la vestimenta y se le acorta la camiseta por encima de interaxis, se le da ropa que incluye camiseta, mallas y calcetines tobilleros y se puede ir a cambiar a los vestuarios del gimnasio que se encuentran al lado.

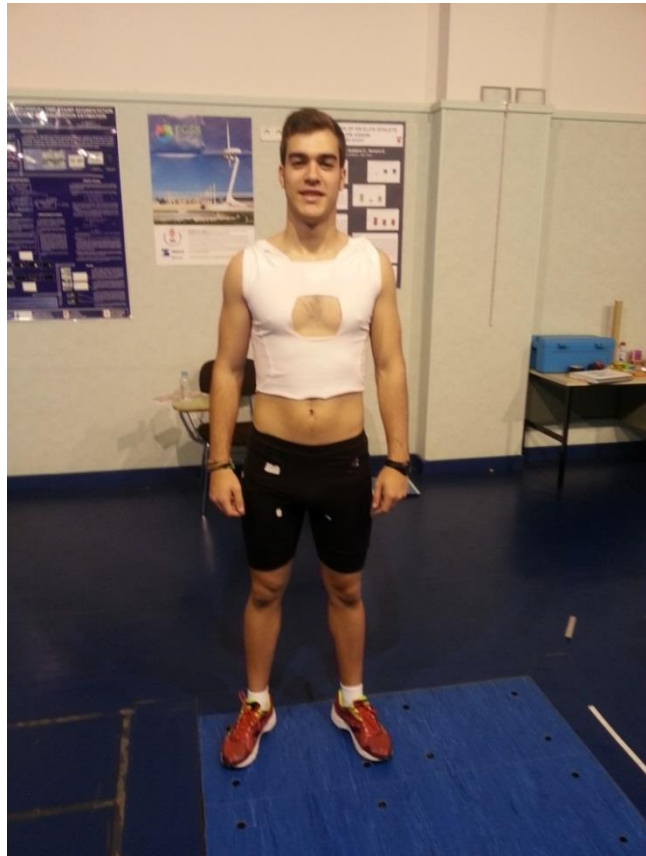


Imagen 4: corredor preparado para la prueba

7. Medida estatura sin zapatillas, el sujeto se coloca mirando al frente y en posición erguida.



Imagen 5: medida de la estatura del corredor

8. pesaje, el sujeto se coloca en la báscula sin zapatillas:

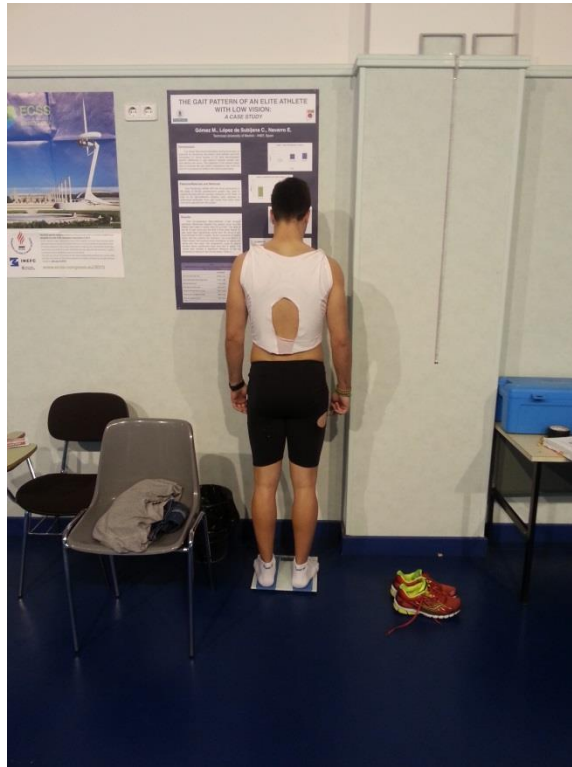


Imagen 6: pesaje

9. Comprobación brillos zapatillas, mientras el corredor es medido y pesado otra persona en el laboratorio coge sus zapatillas y comprueba en el Vicon que no tienen ningún tipo de brillo o produzcan alguna confusión a la hora de hacer la prueba, si tienen algún brillo se les tapa con cinta adhesiva.

10. Limpieza con alcohol de las zonas con marcadores.

11. Marcaje puntos miembro inferior sujeto de pie y también marcaje de cintura y hombros, con un lápiz se le va marcando en los puntos estratégicos donde van a ir los marcadores.



Imagen 7: marcaje del cuerpo

12. Comprobación consistencia en la colocación de marcadores.
13. Si el sujeto no tiene ningún problema de piel se echa spray adherente y anti sudor, para que luego los marcadores no se le caigan.
14. Colocación de marcadores (cinta doble cara y fijar con esparadrapo), se les suele poner dos cintas de esparadrapo por marcador.
15. Recuento marcadores Estático, incluido trocánter, tiene que haber 24.

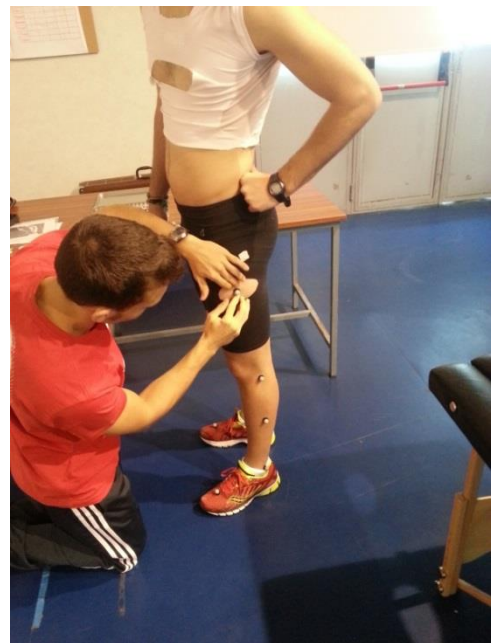


Imagen 8: colocación de marcadores

16. Captura Estático, el corredor tiene que mirar al frente, brazos extendidos y con un pie en cada plataforma.

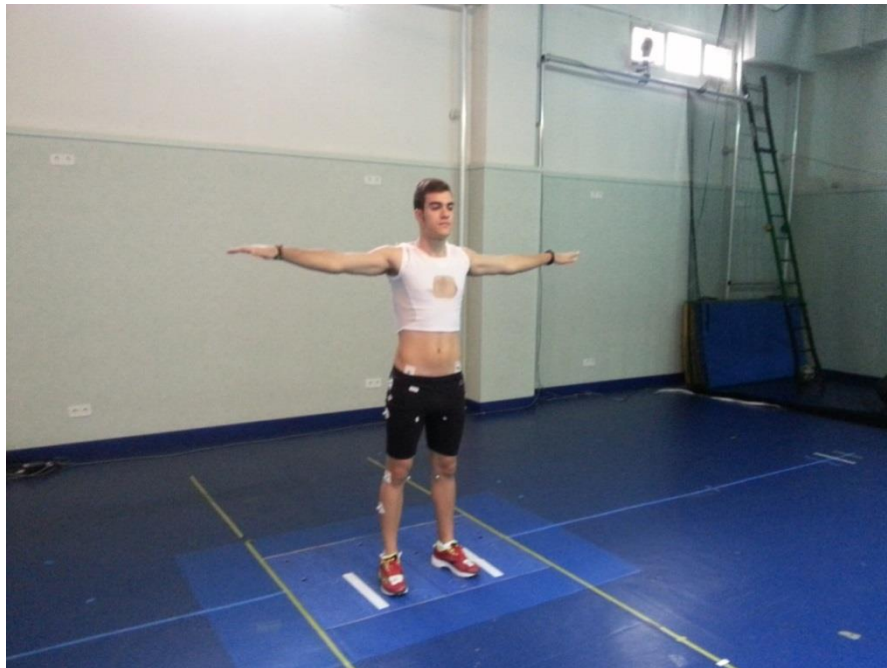


Imagen 9: captura en estático

17. Se quitan marcadores de estático y se recuenta, para ver que no falta ninguno, que no se le haya caído alguno, en su caso se le vuelve a colocar.
18. Calentamiento: el calentamiento va a consistir en 12 minutos calentando en la cinta estática, empezando el corredor a una baja intensidad (dependiendo del corredor 5, 6, 7 km/h) y va aumentado progresivamente cada dos minutos llegando al doble de la velocidad con la que se comenzó.



Imagen 10: calentamiento

19. Explicación de la prueba y realización de la prueba, el sujeto va corriendo entre los conos pasando cada vez por un lado, hasta que nosotros tengamos suficientes capturas con cada pie buenas, suelen ser 5 capturas buenas con cada pie para asegurarnos por si luego falla alguna.

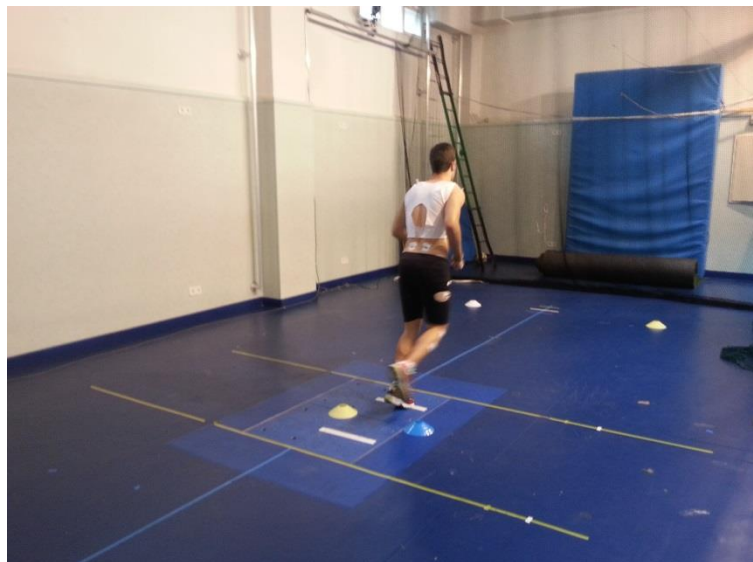


Imagen 11: realización de la prueba



Imagen 12: realización de la prueba

20. De esta manera conseguimos los Trials Dinámicos de la Carrera.

21. Realizar una copia de seguridad.

22. Mientras el corredor está haciendo la prueba nosotros vamos apuntando las pisadas buenas en una hoja de datos (donde además se añaden más datos), hay se le apunta su nombre y apellidos, si ha tenido alguna lesión previa y se van apuntando los trials que han salido bien en la carrera para luego facilitar su proceso: Ver Anexo 4

23. Una vez terminado el proceso se pasa a quitar los marcadores al sujeto y se termina el proceso.

- Cuando ya hemos terminado con el sujeto llegamos al procesamiento de datos con el Vicon, el cual se tarda aproximadamente una hora y media, dos horas: Ver Anexo 5.
- Una vez terminamos el procesamiento de datos, ahí se pueden observar todos los puntos que necesitamos, ángulos de pronosupinación del tobillo, fuerzas de impacto verticales y horizontales, ángulos de flexo-extensión en el tobillo, todos ellos en diferentes momentos del ciclo de la carrera, y se apuntan en un Excel para comparar los resultados, hay tres pisadas con cada pierna, se hace la media y a partir de ahí se sacan las conclusiones oportunas.

- Una vez hecho esto se elabora un report o informe a los corredores (que veremos más adelante en el apartado de resultados), en dicho informe se le explica todo y se le informa de los posibles errores en la carrera y de cómo corregirlos.

Los ejercicios que les manda a los corredores para mejorar su técnica de carrera y fortalecer ciertas partes del cuerpo se pueden ver en el Anexo 6.

2.4 CRONOGRAMA

	febrero				marzo				abril				mayo	
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X									
Aprendizaje			X	X										
Toma de datos					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
procesamiento					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
informe					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Documento final														X

Tabla 2: cronograma

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación esta un ejemplo del informe que se le manda como resultado al sujeto que ha realizado la prueba:

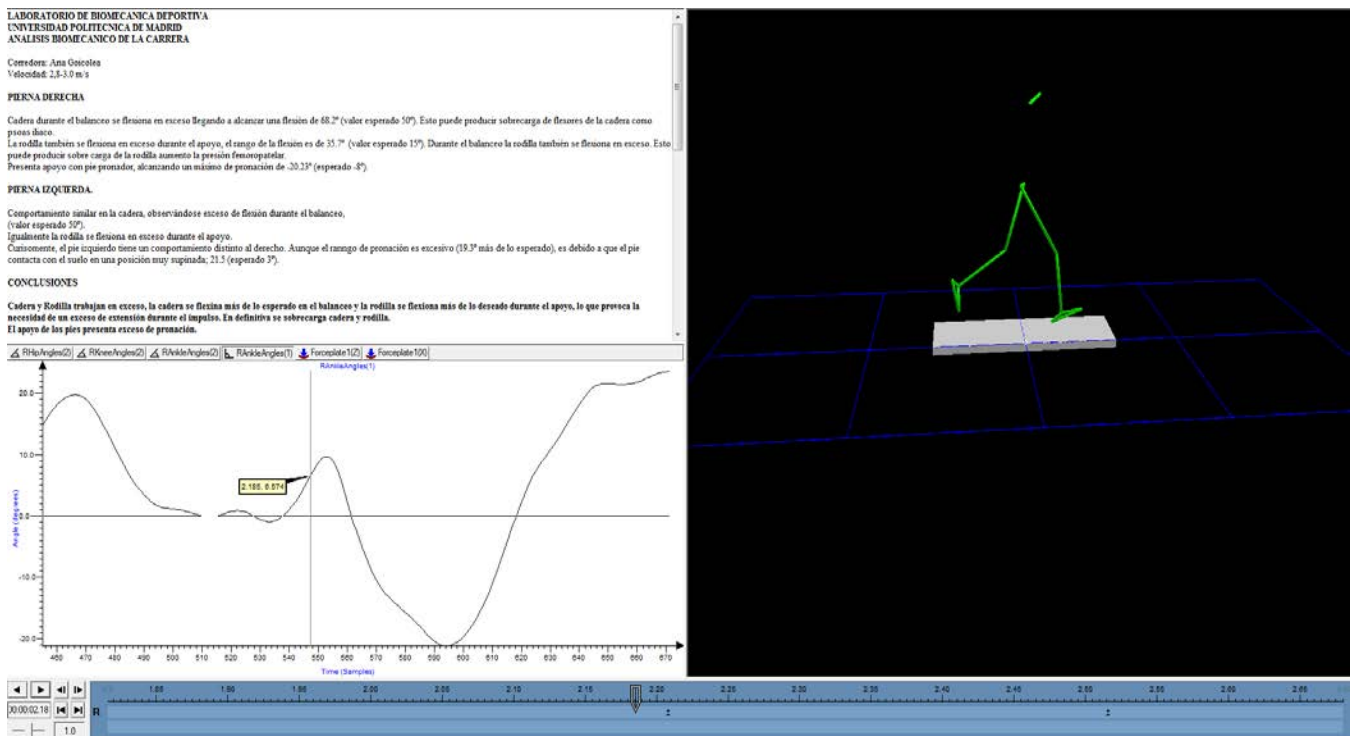


Imagen 13: informe

- En la parte superior izquierda se puede observar el informe completo con los datos obtenidos y las conclusiones, así como las recomendaciones a seguir por parte del sujeto para mejorar su técnica de carrera, así como sus ángulos de pronosupinación y otros datos.
- En la parte derecha se puede observar la imagen del sujeto en 3D, esta imagen se construye con el Vicon y es analizada para hallar los diferentes ángulos y fuerzas, la imagen se mueve con el cursor de la parte inferior, pinchando ahí el sujeto se va desplazando tanto en la imagen como en la gráfica que está en la parte inferior izquierda.
- En la parte inferior izquierda se encuentra la gráfica dónde se pueden observar los ángulos del pie y del tobillo tanto de flexión plantar como pronosupinación, así como las fuerzas de reacción que se producen al pisar la plataforma, hay diferentes pestañas en cada una se observa una gráfica

de cada cosa (pie izquierdo, pie derecho, fuerza vertical, fuerza horizontal...)y en con esa gráfica puedes observar la posición de determinada parte del cuerpo en cualquier momento de la carrera o la fuerza que se ejerce en cada instante.

3.1.- RESULTADOS:

SUJETO 1:

Fecha: Abril 2014

Velocidad durante el test: 3.6 m/s

Frecuencia: 3 zancadas/s

Longitud de ciclo: 2.4 m

Longitud de ciclo/ estatura: 1.6

Pierna Derecha

Se observa exceso de flexión de cadera rodilla y tobillo durante el apoyo.

Las fuerzas verticales en el apoyo son demasiado elevadas (3 veces el peso del cuerpo cuando lo esperado es 2)

Se destaca un descenso de la pelvis hacia el lado de la pierna de balanceo.

Todo lo anterior puede ser debido a un exceso de longitud de zancada.

El pie toma contacto con un exceso de supinación (apoyo sobre parte externa del pie.

			Valor	Referencia	Diferencia
CADERA	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	grados	63	45	18
CADERA	MAXIMA EXTENSIÓN DURANTE EL DESPEGUE	grados	2	-5	7
RODILA	MAXIMA FLEXION DURANTE EL APOYO	grados	54	45	9

TOBILLO	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	grados	18	10	8
PIE	SUPINACION AL INICIO	grados	10	3	7
CADERA	MAXIMA ADUCCION APOYO	grados	18	10	8
FUERZAS	MAXIMO FUERZA VERTICAL	N/W	3	2.0	1

Tabla 3: sujeto 1 pierna derecha

Pierna Izquierda

Comportamiento similar. Exceso de flexión de cadera y rodilla durante el apoyo. Caída de la cadera hacia el lado del balanceo y exceso de fuerzas verticales. Todo ello es compatible con un exceso de longitud de zancada. El pie toma contacto con exceso de supinación.

			Valor	Referencia	Diferencia
CADERA	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	(o)	57	45	12
CADERA	MAXIMA EXTENSIÓN DURANTE EL DESPEGUE	(o)	3	-5	8
RODILA	MAXIMA FLEXION DURANTE EL APOYO	(o)	53	45	8
TOBILLO	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	(o)	11	10	0.53
PIE	SUPINACION AL INICIO	(o)	15	3	12.03
CADERA	MAXIMA ADUCCION APOYO	(o)	15	10	5.24
CADERA	MAXIMO VALGO APOYO	(o)	-3	0	-3.16
FUERZAS	MAXIMO FUERZA VERTICAL	N/W	2.42	2.0	0.42

Tabla 4: sujeto 1 pierna izquierda

CONCLUSIONES

Se recomienda:

- 1) Reducir longitud de zancada buscando una carrera más plana (sin tanto desplazamiento vertical del CM).
- 2) Trabajo de fortalecimiento de pronadores del pie (peroneo anterior y lateral largo).
- 3) Aumento elasticidad de supinadores.
- 4) Trabajo Abductores de la cadera (glúteo Mediano)
- 5) Flexores del Tobillo y supinadores del pie. Tibial Anterior y Tibial Posterior.
- 6) Extensores del tobillo. Gemelos.
- 7) Pronadores. Peroneo Anterior, Peroneo lateral Largo.

SUJETO 2:

Fecha: Marzo 2014

RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LA PIERNA IZQUIERDA

MOVIMIENTOS ARTICULARES EN EL PLANO SAGITAL.

La rodilla toma contacto muy estirada y tiene un exceso de Flexión. Falta de actividad del tobillo durante la fase de impulso (flexión dorsal).

		Valor	Ref	DIF	
CADERA IZDA	FLEXION EN EL INICIO DEL CONTACTO	41.7	45.0	-3.3	
CADERA IZDA	MAXIMO DE EXTENSIÓN DESPUES DESPEGUE	4.5	-5.0	9.5	*
CADERA IZDA	RANGO DE LA EXTENSIÓN	-37.2	-50.0	12.8	*
RODILLA IZDA	FLEXION EN EL CONTACTO	21.2	30.0	-8.8	*
RODILLA IZDA	MAXIMA FLEXION	50.6	45.0	5.6	
RODILLA IZDA	MOVIMIENTO DE FLEXION	29.4	15.0	14.4	*
RODILLA IZDA	MINIMA FLEXIÓN	29.3	20.0	9.3	*
RODILLA IZDA	MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN	-21.2	-25.0	3.8	
TOBILLO IZDO	FLEXION AL INICIO DEL CONTACTO	8.2	10.0	-1.8	
TOBILLO IZDO	PRIMER MAXIMO DE FLEXION DORSAL	26.7	30.0	-3.3	
TOBILLO IZDO	MOVIMIENTO DE FLEXION DORSAL	18.4	20.0	-1.6	
TOBILLO IZDO	MAXIMO FLEXIÓN PLANTAR	-16.3	-20.0	3.7	
TOBILLO IZDO	MOVIMIENTO FLEXIÓN PLANTAR	-42.9	-50.0	7.1	*

Tabla 5: sujeto 2 pierna izquierda

MOVIMIENTOS DE PRONOSUPINACION DEL PIE IZQUIERDO

El pie izquierdo es ligeramente pronador (rango de -18.3°) debido a un exceso de supinación en el inicio del contacto. Falta de supinación, es decir el pie no actúa durante la impulsión.

PIE IZDO	SUPINACION AL INICIO DEL CONTACTO	6.7	3.0	3.7	*
PIE IZDO	MAXIMO PRONACION	-11.6	-8.0	-3.6	
PIE IZDO	MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-18.3	-11.0	-7.3	*
PIE IZDO	MÁXIMO SUPINACION	-1.9	8.0	-9.9	*
PIE IZDO	MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	9.7	16.0	-6.3	*

Tabla 6: sujeto 2 pie izquierdo

FUERZAS DE REACCIÓN

Las fuerzas de reacción son reducidas pero es debido principalmente a que la velocidad es baja.

FUERZA PIE I	PICO IMPACTO VERTICAL	1.1	3.0	-1.9	
FUERZA PIE I	MAXIMO FUERZA VERTICAL	2.3	2.8	-0.5	*
FUERZA PIE I	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (FRENADO)	-0.2	-0.8	0.5	*
FUERZA PIE I	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (IMPULSO)	0.2	0.8	-0.5	*

Tabla 7: sujeto 2 fuerzas de reacción

RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LA PIERNA DERECHO

El comportamiento de la pierna derecha es similar. La rodilla toma contacto muy estirada y tiene un exceso de Flexión. Falta de actividad del tobillo durante la fase de impulso (flexión dorsal).

		Valor	Ref	Dif	
CADERA DCHA	FLEXION EN EL INICIO DEL CONTACTO	41.7	45.0	-3.3	
CADERA DCHA	MAXIMA EXTENSIÓN DESPUES DESPEGUE	3.1	-5.0	8.1	*
CADERA DCHA	RANGO DE LA EXTENSIÓN	-39.7	-50.0	10.3	*
RODILLA DCHA	FLEXION EN EL CONTACTO	20.1	30.0	-9.9	*
RODILLA DCHA	MAXIMA FLEXION	49.6	45.0	4.6	
RODILLA DCHA	MOVIMIENTO DE FLEXION	30.2	15.0	15.2	*
RODILLA DCHA	MINIMA FLEXIÓN	29.5	20.0	9.5	*
RODILLA DCHA	MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN	-20.0	-25.0	5.0	
TOBILLO DCHO	FLEXION AL INICIO DEL CONTACTO	9.2	10.0	-0.8	
TOBILLO DCHO	PRIMER MAXIMO DE FLEXION DORSAL	23.3	30.0	-6.7	*
TOBILLO DCHO	MOVIMIENTO DE FLEXION DORSAL	14.4	20.0	-5.6	*
TOBILLO DCHO	MAXIMO FLEXIÓN PLANTAR	-15.0	-20.0	5.0	*
TOBILLO DCHO	MOVIMIENTO FLEXIÓN PLANTAR	-38.3	-50.0	11.7	*

Tabla 8: sujeto 2 pierna derecha

MOVIMIENTOS DE PRONOSUPINACION DEL PIE DERECHO

El pie izquierdo es pronador. Alcanza un máximo de pronación de -17.0° con un rango del movimiento de pronación de -16.4°. Falta de supinación, es decir el pie no actúa durante la impulsión.

PIE DCHO	SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	0.8	3.0	-2.2	
PIE DCHO	MAXIMO PRONACION	-17.0	-8.0	-9.0	*
PIE DCHO	MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-16.4	-11.0	-5.4	*
PIE DCHO	MÁXIMO SUPINACION	-5.5	8.0	-13.5	*
PIE DCHO	MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	11.6	16.0	-4.4	*

Tabla 9: sujeto 2 pie derecho

FUERZAS DE REACCIÓN

Las fuerzas de reacción son reducidas pero es debido principalmente a que la velocidad es baja.

FUERZA PIE D	PICO IMPACTO VERTICAL	1.24	3.00	-1.76
FUERZA PIE D	MAXIMO FUERZA VERTICAL	2.71	2.80	-0.09
FUERZA PIE D	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (FRENADO)	-0.39	-0.75	0.36
FUERZA PIE D	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (IMPULSO)	0.32	0.75	-0.43

Tabla 10: sujeto 2 pierna derecha

CONCLUSIONES

El corredor presenta una falta de actividad de extensión de la cadera, de extensión del tobillo y supinación del pie durante la fase de impulso. Tiene tendencia a la pronación del pie, sobre todo en el pie derecho.

1. Seguir las siguientes recomendaciones específicas.

Pie izquierdo. Corregir técnica de carrera: 1) realizar el inicio del contacto con menor supinación (tomar contacto con la planta del pie y no solo con el borde externo del pie 2) mejorar el trabajo de extensión de la cadera durante el

impulso y 3) mejorar el trabajo del tobillo durante el impulso aumentando el rango de flexión plantar y de supinación del pie.

Pie Derecho. Corregir técnica de carrera de carrera: 1) mejorar el trabajo de extensión de la cadera durante el impulso y 2) mejorar el trabajo del tobillo durante el impulso aumentando el rango de flexión plantar y de supinación del pie.

Se propone recomienda realizar **Trabajo de fortalecimiento del: Tibial Posterior, Peroneo Lateral Largo, Flexores de los dedos del pie y tríceps Sural.**

2. Seguir recomendaciones generales (Estudio UPM Mapfre).

- i. Antes de iniciarte en este deporte consulta con un médico y con un profesional del deporte
- ii. Protégete realizando ejercicios preventivos 2 veces por semana
 - Tendón de Aquiles y Gemelos. Desde puntillas sube con los dos pies y baja con uno lentamente flexionando la rodilla al final. 4 series x 15 repeticiones.
 - Tendón de Aquiles y Gemelos Corre hacia atrás (4 series de 50 metros)
 - Tendones rotulianos, cuádriceps e isquiotibiales. Realiza 4 series de 10 repeticiones de Semi-sentadilla lenta con la espalda apoyada en la pared o prensa en gimnasio.
 - Tendones rotulianos, cuádriceps e isquiotibiales Paso al frente. 4 series x 20 pasos.
 - Fascia plantar. Camina de puntillas, con talones, con bordes interno y externo. Recoge una toalla con los dedos. Camina por arena.
- iii. Utiliza zapatillas de carrera adaptadas a las características biomecánicas de tu pie y renuévalas periódicamente

iv. Cuando vuelvas a correr después de un periodo largo de inactividad, hazlo de forma progresiva

- Corre suave durante 2 o 4 semanas
- Aumenta progresivamente el número de kilómetros por sesión (máximo 20% cada día)
- Si es después de una lesión, consulta a un profesional antes de volver a entrenar

v. Cuando termines la temporada deja de correr progresivamente

- Mantén un volumen de entrenamiento alternativo de entre el 25-50%.
- Camina.
- Sube y baja escaleras regularmente.

vi. Calienta antes de correr y no olvides estirar después

- Busca ejercicios suaves, lo mejor es consultar con un profesional
- Busca un punto de tensión *nunca doloroso* y mantener unos 15 segundos en cada músculo: Gemelos + sóleo, cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y aductores.

vii. Corre alternando distintas superficies (asfalto, tierra, tartán, etc)

viii. Entrena con moderación

- Corre entre 3 y 5 sesiones/semana en sesiones de no más de 1 hora.
- Más de 50 km/semana aumenta el riesgo de lesión.
- Alterna días de entrenamiento y descanso.
- Si entrenas más de 3 sesiones/semana, alternas días más fuertes con días suaves.
- No realices sobreesfuerzos sobre todo al final de las sesiones.

- ix. Disfruta de las carreras populares pero sabiendo que el riesgo de lesionarse es mayor.
- x. Hidrátate.

SUJETO 3:

Velocidad: 2,8-3.0 m/s

Pierna derecha

Cadera durante el balanceo se flexiona en exceso llegando a alcanzar una flexión de 68.2° (valor esperado 50°). Esto puede producir sobrecarga de flexores de la cadera como psoas iliaco.

La rodilla también se flexiona en exceso durante el apoyo, el rango de la flexión es de 35.7° (valor esperado 15°). Durante el balanceo la rodilla también se flexiona en exceso. Esto puede producir sobre carga de la rodilla aumento la presión femoropatelar.

Presenta apoyo con pie pronador, alcanzando un máximo de pronación de -20.23° (esperado -8°).

			Valor	Ref	Dif
CADERA	CADERA DCHA	FLEXION EN EL INICIO DEL CONTACTO	58,70	45,00	13,70
CADERA	CADERA DCHA	MAXIMA EXTENSIÓN DESPUES DESPEGUE	10,17	-5,00	15,17
CADERA	CADERA DCHA	RANGO DE LA EXTENSIÓN	-48,53	-50,00	1,47
RODILLA	RODILLA DCHA	FLEXION EN EL CONTACTO	28,20	30,00	-1,80
RODILLA	RODILLA DCHA	MAXIMA FLEXION	63,87	45,00	18,87
RODILLA	RODILLA DCHA	MOVIMIENTO DE FLEXION	35,67	15,00	20,67
RODILLA	RODILLA DCHA	MINIMA FLEXIÓN	19,07	20,00	-0,93
RODILLA	RODILLA DCHA	MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN	-44,80	-25,00	-19,80
TOBILLO	TOBILLO DCHO	FLEXION AL INICIO DEL CONTACTO	19,07	10,00	9,07
TOBILLO	TOBILLO DCHO	PRIMER MAXIMO DE FLEXION DORSAL	31,60	30,00	1,60
TOBILLO	TOBILLO DCHO	MOVIMIENTO DE FLEXION DORSAL	12,53	20,00	-7,47
TOBILLO	TOBILLO DCHO	MAXIMO FLEXIÓN PLANTAR	-5,30	-20,00	14,70
TOBILLO	TOBILLO DCHO	MOVIMIENTO FLEXIÓN PLANTAR	-36,90	-50,00	13,10
PIE	PIE DCHO	SUPINACION AL INICIO DEL CONTACTO	6,07	3,00	3,07
PIE	PIE DCHO	MAXIMO PRONACION	-20,23	-8,00	-12,23
PIE	PIE DCHO	MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-26,30	-11,00	-15,30
PIE	PIE DCHO	MÁXIMO SUPINACION	23,97	8,00	15,97
PIE	PIE DCHO	MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	44,20	16,00	28,20
PIE	PIE DCHO	POSICION FINAL DESPEGUE	11,46	5,00	6,46
PIE	PIE DCHO	MOVIMIENTO PRONACION	-12,51	-3,00	-9,51
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE D	PICO IMPACTO VERTICAL	1,15	3,00	-1,85
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE D	MAXIMO FUERZA VERTICAL	2,23	2,80	-0,57
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE D	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (FRENADO)	-0,28	-0,75	0,47
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE D	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (IMPULSO)	0,23	0,75	-0,52

Tabla 11: sujeto 3 pierna derecha

Pierna izquierda

Comportamiento similar en la cadera, observándose exceso de flexión durante el balanceo,

(valor esperado 50°).

Igualmente la rodilla se flexiona en exceso durante el apoyo.

Curiosamente, el pie izquierdo tiene un comportamiento distinto al derecho. Aunque el rango de pronación es excesivo (19.3° más de lo esperado), es debido a que el pie contacta con el suelo en una posición muy supinada; 21.5 (esperado 3°).

			Valor	Ref	DIF
CADERA	CADERA IZDA	FLEXION EN EL INICIO DEL CONTACTO	56,4	45,0	11,4
CADERA	CADERA IZDA	MAXIMO DE EXTENSIÓN DESPUES DESPEGUE	6,5	-5,0	11,5
CADERA	CADERA IZDA	RANGO DE LA EXTENSIÓN	-49,9	-50,0	0,1
RODILLA	RODILLA IZDA	FLEXION EN EL CONTACTO	22,9	30,0	-7,1
RODILLA	RODILLA IZDA	MAXIMA FLEXION	59,8	45,0	14,8
RODILLA	RODILLA IZDA	MOVIMIENTO DE FLEXION	36,9	15,0	21,9
RODILLA	RODILLA IZDA	MINIMA FLEXIÓN	15,4	20,0	-4,6
RODILLA	RODILLA IZDA	MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN	-44,3	-25,0	-19,3
TOBILLO	TOBILLO IZDO	FLEXION AL INICIO DEL CONTACTO	13,2	10,0	3,2
TOBILLO	TOBILLO IZDO	PRIMER MAXIMO DE FLEXION DORSAL	35,0	30,0	5,0
TOBILLO	TOBILLO IZDO	MOVIMIENTO DE FLEXION DORSAL	21,8	20,0	1,8
TOBILLO	TOBILLO IZDO	MAXIMO FLEXIÓN PLANTAR	-28,0	-20,0	-8,0
TOBILLO	TOBILLO IZDO	MOVIMIENTO FLEXIÓN PLANTAR	-63,0	-50,0	-13,0
PIE	PIE IZDO	SUPINACION AL INICIO DEL CONTACTO	21,5	3,0	18,5
PIE	PIE IZDO	MAXIMO PRONACION	-8,8	-8,0	-0,8
PIE	PIE IZDO	MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-30,3	-11,0	-19,3
PIE	PIE IZDO	MÁXIMO SUPINACION	17,0	8,0	9,0
PIE	PIE IZDO	MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	25,8	16,0	9,8
PIE	PIE IZDO	POSICION FINAL DESPEGUE	8,3	5,0	3,3
PIE	PIE IZDO	MOVIMIENTO PRONACION	-8,7	-3,0	-5,7
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE I	PICO IMPACTO VERTICAL	1,2	3,0	-1,8
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE I	MAXIMO FUERZA VERTICAL	2,3	2,8	-0,5
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE I	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (FRENADO)	-0,3	-0,8	0,4
FUERZA REACCION PIE	FUERZA PIE I	MAXIMA FUERZA ANTEROPOSTERIOR (IMPULSO)	0,2	0,8	-0,5

Tabla 12: sujeto 3 pierna izquierda

CONCLUSIONES

Cadera y Rodilla trabajan en exceso, la cadera se flexiona más de lo esperado en el balanceo y la rodilla se flexiona más de lo deseado durante el apoyo, lo que provoca la necesidad de un exceso de extensión durante el impulso. En definitiva se sobrecarga cadera y rodilla.

El apoyo de los pies presenta exceso de pronación.

Se recomienda:

Ejercicios para mejorar la Técnica de Carrera:

- Disminución de la flexión de la cadera en el balanceo
- Disminución de la Flexión de la rodilla en el apoyo (será necesario fortalecer el cuádriceps).
- Mejorar inicio del apoyo del pie, con una posición menos supinada especialmente en el pie izquierdo.

Trabajo Fuerza Muscular:

Fortalecimiento Tibial Posterior, Peroneo Lateral Largo y Flexores de los Dedos del pie.

Fortalecimiento Cuádriceps.

SUJETO 4:

Fecha: ABRIL 2014

Velocidad 2.7 m/s

Pierna Izquierda

Los datos de angulaciones de flexo-extensión de cadera, rodilla y tobillo son normales.

En cuanto a la pisada, se observa una ligera tendencia pronadora. En el contacto, el pie alcanza un ángulo de pronación de -13.47 cuando lo esperado es de -8°.

		Valor	Referencia	Diferencia
SUPINACION AL INICIO	grados	2.70	3	-0.30
MAXIMA PRONACION APOYO	grados	-13.47	-8	-5.47

Tabla 13: sujeto 4 pierna izquierda

Pierna Derecha

Los datos de angulaciones de flexo-extensión de cadera, rodilla y tobillo son normales.

El pie derecho inicia el contacto con un ángulo de supinación excesivo (28.5°) respecto a un valor esperado de 3° . No se puede decir que el pie es supinador (rígido) puesto que durante el apoyo alcanza valores normales de pronación.

		Valor	Referencia	Diferencia
SUPINACION AL INICIO	grados	28.5	3	25.46
MAXIMA PRONACION APOYO	grados	-7.3	-8	0.66

Tabla 14: sujeto 4 pierna derecha

CONCLUSIONES

Se recomienda realizar trabajo de fortalecimiento muscular acompañado siempre de estiramientos.

- 1) Flexores del Tobillo y supinadores del pie. Tibial Anterior y Tibial Posterior.
- 2) Extensores del tobillo. Gemelos.
- 3). Pronadores. Peroneo Anterior, Peroneo lateral Largo.

SUJETO 5:

Fecha: Marzo 2014

Pie Izquierdo

El pie toma contacto con un ligero exceso de supinación y el máximo de supinación durante la fase de impulso también es ligeramente superior a lo deseado (12.3° frente a 8.0°).

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	7.6	3.0	4.6	*
MAXIMO PRONACION	-5.7	-8.0	2.3	
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-13.3	-11.0	-2.3	
MÁXIMO SUPINACION	12.3	8.0	4.3	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	18.0	16.0	2.0	
POSICION FINAL DESPEGUE	11.9	5.0	6.9	*
MOVIMIENTO PRONACION	-0.4	-3.0	2.6	

Tabla 15: sujeto 5 pierna izquierda

Pie Derecho

El pie derecho toma contacto con el suelo con exceso considerable de supinación, en concreto casi 15° más de lo deseado. El máximo de supinación también es excesivo.

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	17.65	3.00	14.65	*
MAXIMO PRONACION	-3.85	-8.00	4.15	
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-21.50	-11.00	-10.50	*
MÁXIMO SUPINACION	17.18	8.00	9.18	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	21.03	16.00	5.03	*
POSICION FINAL DESPEGUE	16.83	5.00	11.83	*
MOVIMIENTO PRONACION	-0.35	-3.00	2.65	

Tabla 16: sujeto 5 pierna derecha

CONCLUSIONES

Corredor con tendencia a realizar un movimiento excesivo de supinación (no significa que el corredor es supinador) especialmente en el pie derecho.

1. Realizar trabajo de Estiramientos de Tibiales.
2. Realizar trabajo de fortalecimiento de Peroneo Anterior, Peroneo Lateral Largo y Corto y Extensor común de los dedos.
3. Realizar Trabajo de Fuerza del Cuádriceps.
4. Mejorar técnica de carrera:
 - Inicio del apoyo con la parte central del antepie.

SUJETO 6:

Pie Izquierdo

Presenta típica pisada pronadora. Toma contacto con el pie en pronación y alcanza pronación excesiva de -15.3° . Al utilizar las plantillas, mejora

ligeramente el apoyo inicial pero prácticamente no reduce el máximo de pronación, ahora es -14.3°

SIN PLANTILLAS

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	-2.4	3.0	-5.4	*
MAXIMO PRONACION	-15.3	-8.0	-7.3	*
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-12.9	-11.0	-1.9	
MÁXIMO SUPINACION	-2.1	8.0	-10.1	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	13.2	16.0	-2.9	

Tabla 17: sujeto 6 pierna izquierda sin platillas

CON PLANTILLAS

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	-0.5	3.0	-3.5	*
MAXIMO PRONACION	-14.3	-8.0	-6.3	*
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-13.8	-11.0	-2.8	
MÁXIMO SUPINACION	-2.6	8.0	-10.6	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	11.7	16.0	-4.3	*

Tabla 18: sujeto 6 pierna izquierda con plantillas

Pie Derecho

Presenta típica pisada pronadora. Toma contacto con el pie en pronación y alcanza pronación excesiva de -13.8°. Al utilizar las plantillas, mejora

sustancialmente el apoyo inicial eliminando la pronación pero no reduce el máximo de pronación, por el contrario lo aumenta (-15.5°).

SIN PLANTILLAS

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	-1.00	3.00	-4.00	*
MAXIMO PRONACION	-13.80	-8.00	-5.80	*
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-12.80	-11.00	-1.80	
MÁXIMO SUPINACION	-0.10	8.00	-8.10	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	13.70	16.00	-2.30	

Tabla 19: sujeto 6 pierna derecha sin plantillas

CON PLANTILLAS

	Valor	Ref	Dif	
SUPINACION AL INCIO DEL CONTACTO	1.90	3.00	-1.10	
MAXIMO PRONACION	-15.50	-8.00	-7.50	*
MOVIMIENTO PRONACIÓN (EVERSIÓN)	-17.40	-11.00	-6.40	*
MÁXIMO SUPINACION	-1.40	8.00	-9.40	*
MOVIMIENTO SUPINACION (INVERSION)	14.10	16.00	-1.90	

Tabla 20: sujeto 6 pierna derecha con plantillas

CONCLUSIONES

Las plantillas no reducen la pronación. Se propone corregir la pronación mediante ejercicios de fortalecimiento muscular.

Se recomienda trabajo de fortalecimiento de tibial anterior y posterior, Peroneo lateral largo, flexores de los dedos del pie y gemelos.

SUJETO 7:

Fecha: 29 ABRIL

Velocidad 2.7 m/s

Pierna Izquierda

Los datos de angulaciones de flexo-extensión de cadera, rodilla y tobillo son normales.

En cuanto a la pisada, se observa que la corredora es pronadora. En el contacto, el pie alcanza una ángulo de pronación de -9 cuando lo esperado es que el pie llegue en posición de supinación. La máxima pronación alcanzada durante el apoyo sobrepasa en 13.91° lo esperado.

		Valor	Referencia	Diferencia	
SUPINACION AL INICIO	(o)	-9	3	-12.17	*
MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	-22	-8	-13.91	*
SUPINACION INSTANTE DESPEGUE	(o)	-16	5	-21.25	*
RANGO PRONACION APOYO	(o)	-13	-11	-1.74	

Tabla 21: sujeto 7 pierna izquierda

Pierna Derecha

El comportamiento es similar. La corredora es claramente pronadora.

		Valor	Referencia	Diferencia	
SUPINACION AL INICIO	grados	-3	3	-6	*
MAXIMA PRONACION APOYO	grados	-23	-8	-15	*
SUPINACION INSTANTE DESPEGUE	grados	2	5	-3	
RANGO PRONACION APOYO	grados	-20	-11	-9	*

Tabla 22: sujeto 7 pierna derecha

Se recomienda realizar trabajo de fortalecimiento muscular acompañado siempre de estiramientos de:

1. Supinadores del pie. Tibial Anterior y Tibial Posterior.
2. Tensores de la bóveda plantar: Peronéos Laterales y flexor propio del dedo gordo.

Se recomienda también realizar ejercicios de carrera dirigidos a que el apoyo del pie en el contacto se realice más sobre la parte externa del pie (mayor supinación).

SUJETO 8:

Fecha: 29 ABRIL

Pierna Izquierda

Se produce exceso de flexión de la rodilla durante el apoyo (13.7 grados más de lo esperado) y exceso de flexión del tobillo al inicio del apoyo y durante el balanceo (10.7 grados más de lo esperado).

Lo más destacable es el exceso de supinación del pie durante el apoyo. El pie aterriza con 12.2° (9.2 más de lo esperado) y no llega a alcanzar grados de

pronación durante el apoyo; el pie durante el apoyo plantar permanece en grados de supinación (5.8).

Todos estos movimientos sobrecargan los flexores-supinadores del tobillo (tibial anterior y posterior) y son compatibles con una falta de fuerza muscular de los músculos peroneos.

			Valor	Referencia	Diferencia	
RODILLA	FLEXION EN EL INICIO	(o)	16.4	5.0	11.4	*
RODILLA	MAXIMA FLEXION APOYO	(o)	33.7	20.0	13.7	*
TOBILLO	FLEXION EN EL INICIO	(o)	9.3	-4.0	13.3	*
TOBILLO	SEGUNDO MAXIMO FLEXION BALANCEO	(o)	10.7	0.0	10.7	*
PIE	SUPINACION AL INICIO	(o)	12.2	3.0	9.2	*
PIE	MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	5.8	-5.0	10.8	*

Tabla 23: sujeto 8 pierna izquierda

Pierna derecha: Comportamiento totalmente similar

			Valor	Referencia	Diferencia	
RODILLA	FLEXION EN EL INICIO	(o)	19.84	5.0	14.8	*
RODILLA	MAXIMA FLEXION APOYO	(o)	32.85	20.0	12.8	*

TOBILLO	FLEXION EN EL INICIO	(o)	6.35	-4.0	10.4	*
TOBILLO	SEGUNDO MAXIMO FLEXION BALANCEO	(o)	10.52	0.0	10.5	*
PIE	SUPINACION AL INICIO	(o)	12.35	3.0	9.3	*
PIE	MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	4.83	-5.0	9.8	*

Tabla 24: sujeto 8 pierna derecha

Recomendaciones:

Se recomienda un plan semanal de entrenamiento basado en:

1. Realizar trabajo de Estiramientos de Tibiales.
2. Realizar trabajo Peronéos (Lateral largo y Anterior)
3. Realizar Trabajo de Fuerza del Cuádriceps.
4. Mejorar técnica de marcha:
 - a. Búsqueda de inicio del apoyo con la parte central del antepie.
 - b. Disminuir flexión del tobillo durante el balanceo y al inicio del contacto.

SUJETO 9:

Fecha: Mayo 2014

Pierna Izquierda

Se observa exceso de flexión de la rodilla durante el apoyo. El corredor inicia el apoyo prácticamente con la planta del pie, el tobillo está en una extensión de 3.5°; esto justifica que el rango de flexión del tobillo durante el apoyo es 13.7° más de lo deseado lo que puede estar sobrecargando tríceps sural y tendón de Aquiles.

En cuanto al pie izquierdo, el corredor presenta una pisada de Supinador.

			Valor	Referencia	Diferencia	
CICLO	VELOCIDAD MEDIA INTRACICLO	m/s	3.7			
CICLO	LONGITUD DE CICLO	m	2.4			
RODILA	MAXIMA FLEXION DURANTE EL APOYO	(o)	54.8	45	10	*
TOBILLO	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	(o)	-3.5	10	-13.55	*
TOBILLO	RANGO FLEXION APOYO	(o)	33.7	20	13.74	*
PIE	SUPINACION AL INICIO	(o)	14.8	3	11.83	*
PIE	MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	-0.1	-8	7.86	*

Tabla 25: sujeto 9 pierna izquierda

Pierna Derecha

El comportamiento en cuanto a rodilla y tobillo es similar; es decir, exceso flexión de rodilla y exceso de rango de flexión del tobillo por falta de ángulo de flexión en el inicio del apoyo (corredor con apoyo planta).

Llama la atención que el pie derecho es claramente pronador; el máximo de pronación es 7.3° superior a lo deseado; el rango de pronación también es muy alto.

			Valor	Referencia	Diferencia	
CICLO	VELOCIDAD MEDIA INTRACICLO	m/s	3.24			

	LONGITUD DE CICLO	m	2.32			
RODILLA	MAXIMA FLEXION DURANTE EL APOYO	(o)	53.39	45	8.4	*
TOBILLO	FLEXION EN INICIO DEL CONTACTO	(o)	0.54	10	-9.5	*
TOBILLO	MAXIMO FLEXION BALANCEO	(o)	2.56	10	-7.4	*
TOBILLO	RANGO FLEXION APOYO	(o)	27.54	20	7.5	*
PIE	SUPINACION AL INICIO	(o)	5.44	3	2.4	
PIE	MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	-15.35	-8	-7.3	*
PIE	RANGO PRONACION APOYO	(o)	-20.79	-11	-9.8	*

Tabla 26: sujeto 9 pierna derecha

CONCLUSIONES

Corredor con exceso de rango de flexión de rodilla y tobillo en el apoyo y pisada supinadora en pie izquierdo y pronadora en pie derecho.

Se recomienda

1. Trabajar técnica de carrera buscando inicio del apoyo en talón planta y apoyo parte central del antepie.
2. Trabajo general de fortalecimiento y elasticidad de la musculatura supinadora y pronadora del pie con diferenciación entre pie izquierdo y derecho de forma que se trabaje más pronadores del pie izquierdo y supinadores del pie derecho (tibiales).
3. También se recomienda prevenir la lesiones musculares de gemelos y del tendón de Aquiles con trabajo de fuerza excéntrica.

SUJETO 10:

Fecha: Mayo 2014

Velocidad media: 3 m/s

Pierna Izquierda

Los datos muestran normalidad en los movimientos de cadera, rodilla y tobillo.
La pisada es neutra.

		Valor	Referencia	Diferencia
VELOCIDAD MEDIA INTRACICLO	m/s	2.97		
LONGITUD DE CICLO/ESTATURA		1.20		
DESPLAZAMIENTO CM PICO-PICO VERTICAL	m	1.13		
SUPINACION AL INICIO	(o)	1.90	3	-1.10
MAXIMA PRONACION APOYO	(o)	-11.56	-8	-3.56
RANGO PRONACION APOYO	(o)	-13.46	-11	-2.46
MAXIMO FUERZA VERTICAL	N/W	2.47	3.0	-0.53

Tabla 27: sujeto 10 pierna izquierda

Pierna Derecha

Comportamiento normal en los movimientos de cadera, rodilla y tobillo.

Se destaca que el corredor presenta una pisada claramente supinadora. El pie contacta el suelo con un exceso de supinación. No llega a alcanzar grados de pronación.

		Valor	Referencia	Diferencia	
SUPINACION AL INICIO	grados	20.87	3	18	*
MAXIMA PRONACION APOYO	grados	9.07	-8	17	*

Tabla 28: sujeto 10 pierna derecha

CONCLUSIONES

Corredor con pisada asimétrica, pie izquierdo neutro y derecho supinador.

Se recomienda

1. Trabajar técnica de carrera buscando simetría derecha- izquierda.
2. Trabajo general de fortalecimiento de la musculatura pronadora del pie acompañada por ejercicios de elongación de los mismos músculos
3. Trabajo de elongación de los músculos tibiales.

ESTADISTICA (media de los corredores):

Comprobando los datos obtenidos en las tablas se puede sacar una media aritmética de los grados de pronación máxima y supinación supinación al inicio del apoyo durante la carrera:

Sujetos pronadores	Inicio del contacto		Máximo de pronación		Rango de pronación	
	izquierda	derecha	izquierda	derecha	izquierda	derecha
Sujeto 2	-1,9	0,8	-11,6	-17	9,7	17,8
Sujeto 3	21,5	6,07	-8,8	-20,23	30,3	26,29
Sujeto 4	2,7	28,5	-13,47	-7,3	16,17	35,8
Sujeto 6	-2,9	-1	-15,5	-13,80	12,6	12,80
Sujeto 7	-9	-3	-22	-23	11	20

media	2,08	6,27	-14,27	-16,26	15,95	22,53
--------------	-------------	-------------	---------------	---------------	--------------	--------------

Tabla 29: sujetos pronadores

Sujetos pronadores	Inicio del contacto		Máximo de pronación		Rango de pronación	
	izquierda	derecha	izquierda	derecha	izquierda	derecha
Sujeto 1	15	10	-3	-9	18	19
Sujeto 5	7,6	17,65	-5,7	-3,85	13,3	21,51
Sujeto 8	12,2	12,35	5,8	4,83	6,4	5,95
Sujeto 9	14,8	5,44	-0,1	-15,35	14,9	20,79
Sujeto 10	1,9	20,87	-11,56	9,07	13,46	11,8
media	10,3	13,262	-2,91	-2,85	13,21	15,81

Tabla 30: sujetos supinadores

3.2.- DISCUSIÓN:

- Como se puede observar en la tabla los corredores pronadores al inicio del contacto del pie tienen un valor de supinación cercano a la referencia (3), pero luego en el punto de máxima pronación el valor está muy por debajo del de la referencia que es -8, teniendo un valor medio de pronación de unos -14,-16 grados de ahí que se les considere corredores pronadores, por otro lado su rango de pronación supera en mucho al valor de referencia que es de 11° y en la pierna derecha la media sale 22,53° lo cual quiere decir que la pronación que se realiza en el apoyo es bastante grande.
- Por otro lado en los corredores supinadores se puede observar que en el inicio del contacto la supinación supera ampliamente a la referencia, lo cual quiere decir que el corredor apoya el pie claramente supinado y luego el máximo de pronación no llega a los valores de pronación de referencia lo cual lleva a la conclusión como se puede ver en el rango de pronación que el movimiento de pronación es más pequeño que en los pronadores,

aunque sigue superando al de la referencia ya que los corredores en el apoyo empiezan con el pie excesivamente en supinación.

- También destacar las diferencias entre las piernas izquierda y derecha, se puede observar en ambos casos (pronadores y supinadores) que el movimiento de pronación es más amplio en la pierna derecha ya que en la mayoría de los casos entra con mayor supinación en el pie derecho y luego tiene un pico mayor de pronación, lo cual seguramente pueda significar que en la mayoría de los casos el corredor era diestro y realiza un mayor apoyo en su pierna dominante produciendo mayores ángulos.

Como discusión final teniendo en cuenta la relevancia de la carrera en la nuestra sociedad y la incidencia de las lesiones en este deporte, hay que destacar la gran utilidad del análisis biomecánico de la carrera para poder valorar las lesiones y prevenirlas.

Se propone la realización en el futuro de un estudio a gran escala sobre una amplia muestra de población española que permita obtener un modelo de referencia realista que tenga en cuenta diferencias por sexo y por edad.

4.- CONCLUSIÓN

Con este trabajo se ha puesto a punto un procedimiento para el análisis biomecánico de los corredores, para conseguir una mejor prevención de lesiones en corredores populares.

Se ha analizado la carrera de 10 corredores y se han obtenido los datos correspondientes de pronosupinación y con los datos obtenidos se ha llevado a cabo un informe para ayudar a dichos corredores a mejorar su técnica de carrera para evitar que puedan sufrir lesiones en el futuro y su carrera sea lo más saludable posible.

Por otro lado destacar el valor que tiene este tipo de estudios y herramientas, para evitar la lesión de los corredores, ya que una gran cantidad de lesiones se

podrían localizar mediante este sistema de medición de ángulos (localizando que ángulos de que articulación no son correctos en cada persona), para así poder mandarle una serie de ejercicios de fortalecimiento de dicha parte del cuerpo más debilitada para fortalecerla y no tener ningún tipo de lesión durante la realización de la carrera. También destacar la importancia de que este tipo de estudios llegue a los corredores populares ya que los profesionales ya tienen sus métodos (estos u otros, para evitar lesionarse), porque son justamente los corredores no profesionales los que más se lesionan por la carrera y si se les aumenta sus conocimientos sobre este tema, la técnica de carrera y tienen acceso a este tipo de estudio su día a día y su salud mejorarán considerablemente. Para poder conseguir esto es necesario un estudio más amplio de corredores, para así poder actualizar las referencias y conseguir unos datos mucho más contrastados y más amplios, para así poder obtener unos mejores resultados a la hora de conocer los problemas de los corredores y el porqué de sus lesiones, y en consecuencia poder evitarlas.

5.- BIBLIOGRAFÍA

1. Aguado Jódar, X. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio León: Universidad de León. Secretariado de Publicaciones, D.L.*
2. Cheung, R; Chung, R; Gabriel (2011). *Efficacies of different external controls for excessive foot pronation: a meta-analysis.*
3. CSD (2005). *Encuesta de los hábitos deportivos españoles 2005.*
4. De la Cruz, B (2009). *Biomecánica de la marcha y la carrera.*
5. Ferrero Sánchez, A (2001). *La carrera de velocidad, Metodología de análisis biomecánico.*
6. Fucci, S.; Benigni, M. y Formasari, V. (2003). *Biomecánica del Aparato Locomotor Aplicada al Acondicionamiento Muscular Madrid: Elsevier España, S.A.*
7. Jaramillo Rodríguez, C (2004). *Atletismo básico: fundamentos de pista y campo.*

8. Jiménez Leal, R. (2004). *Estudio articular del miembro inferior durante el ciclo de la marcha*.
9. Kapandji, A. I. (2004). *Fisiología Articular, Miembro Inferior* Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A.
10. Nilsson, J. y Thorstensson, A. (1989). *Ground reaction forces at different speeds of human walking and running*. *Acta Physiol Scand*(136), 217-227.
11. Novacheck, T (1997). *The biomechanics of running*.
12. Pascua, M.; González, L.; Osgariz, J. A. y Marín, J. (2006). *Manual Básico de Atletismo*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
13. Peroni, L. A. (2002). *Las relaciones entre las inestabilidades el apoyo plantar y las alteraciones de la biomecánica de la rodilla* Córdoba: Tesis realizada en la Universidad de Córdoba.
14. Perry, S. D. y Lafortune, M.A. (1995). *Influences of inversion/eversion of the foot upon impact loading during locomotion*. *Clinical Biomechanics* (10), 253-257.
15. Rojano Ortega, D (2009). *Análisis de la pronación y supinación subastragalinas en la marcha atlética*.
16. Rueda, M. (2003). *Introducción a la biomecánica del pie (II)*. *Apunts. Medicina de l'Esport* (142), 33 – 36.
17. Subotnick, S. I. (1985). *The biomechanics of running. Implications for the prevention of foot injuries*. *Sports Medicine* (2), 144-153.
18. Tebbut, P; Wood, J; King, M (2002). *The Vicon manual*.

Bibliografía de imágenes:

- <http://agendainef.com/las-instalaciones/laboratorios/biomecanica-deportiva>.

6.-ANEXOS

ANEXO 1:

1.-MATERIAL FUNGIBLE

ITEM	Unidades
Malla corta	1
Camiseta ceñida	1
Calcetines tobilleros por debajo maléolos	1
Marcadores	24
Cinta de doble cara	1
Tijeras	1
Esparadrapo	1
Lápiz con punta	1
Sacapuntas	1
Algodón	1
Botella Alcohol	1
Cinta métrica	1
Antropómetro diámetros	1
Antropómetro estatura	1
Conos	20

Tabla 31: material fungible

ANEXO 2:

Encendido del Ordenador del Vicon
Encendido del Ordenador de la Plataforma y arrancar Bioware
Arrancar programa Workstation
Encender CPU Workstation
Comprobación Set Up Vicon
Comprobación Set Up Plataforma
Calibración de la plataforma
Calibración Vicon
Configuración Vicon
Configuración nombres en Eclipse de los distintos sujetos
Prueba de peso
Prueba Captura
Copiar ficheros *.mod en fondo carpeta principal
Copiar fichero *.mkr en carpetas de cada palo del sujeto

Tabla 32: técnicas instrumentales

Anexo 3:



CONSENTIMIENTO INFORMADO

De acuerdo con las directrices éticas dictadas en la declaración de Helsinki por la Asociación Médica Mundial para la investigación en seres humanos, yo D/D^a o en su representación D/Dña.he sido informado/a de las características de las pruebas que se van a realizar sobre mi persona en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Universidad Politécnica de Madrid. Así mismo autorizo a que los miembros del Grupo de Investigación de Análisis Biomecánico de la Universidad Politécnica de Madrid puedan utilizar los datos con una finalidad exclusivamente científica en tanto se respeten la confidencialidad y el anonimato de los datos efectuándose un procedimiento de disociación, de forma que no puedan ser expuestos en relación con mi persona.

En Madrid a

Firma Interesado:

Firma del responsable del estudio:

Fdo.: ENRIQUE NAVARRO CABELLO

Anexo 4: Análisis Biomecánico de la Carrera

FICHA DATOS.

FECHA	
NOMBRE	
EXPERIENCIA	
OBSERVACIONES	

FECHA NACIMIENTO	
ESTATURA (m)	
PESO (kilos)	

REGISTRO DE DATOS

Carrera

Escena	Nombre Fichero	Observaciones
1		
2.		
3.		
4.		
5.		
6		
7		

8		
9		
10		

ANEXO 5:

Procesamiento de datos. Vicon

	Procesamiento Estático Sujeto	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trial-options <ul style="list-style-type: none"> ○ click sujeto; Static Trial, marker diameter ○ Types (previamente se han configurado) ○ Trial measurements 	
	▪ Trial Attach Markers set for Sujeto	
	▪ Labeling	
	▪ Recortar	
	En bodybuilder se aplica modelo estático <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrir mp ▪ Abrir modelo estático (carrera3e.mod) ▪ Abrir *.mkr ▪ Se corre el modelo 	
	Copia seguridad estáticos	
	WorkStation Procesamiento Trial Dinámicos	
	Trial-options <ul style="list-style-type: none"> ▪ click sujeto; Trial, marker diameter ▪ Types (previamente se han configurado) 	

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trial Attach Markers set for Sujeto 	
	<p>Se corta la secuencia: Desde antes llegada de un pie hasta después de la llegada del mismo pie (para analizar la otra pierna).</p> <ul style="list-style-type: none"> • En primero y último se tienen que ver todos los marcadores • Si la pelvis pierde dos marcadores durante más de 10 frames la secuencia no vale 	
	Labeling	
	<p>Marcaje eventos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contacto talón. Si hay fuerzas de reacción. Evento Foot Strike • Despegue Si hay fuerzas de reacción. Evento Foot Off • Contacto talón. Si no hay fuerzas de reacción. Trayectoria del Heel • Despegue Si no hay fuerzas de reacción. Trayectoria del toe 	
	Copia de seguridad del fichero c3d correspondiente.	
	<p>Procesamiento en BodyBuilder (comprobación spikes y replace de puntos de la pelvis)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrir mp ▪ Abrir Dinámico (carrera3.mod) ▪ Abrir carrera3.mkr ▪ Repasar datos quitando Súper Spikes ▪ Se corre el modelo 	
	<p>Workstation. Fill Gaps y Filtrado</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pipeline <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fill Gaps, Options Maximo 10 restrictions ▪ Aply Woltring Filtering routine, Options, MSE 5 ▪ Process Now ▪ Guardar 	
	Copia de Seguridad	
	<p>Aplicación Modelo BodyBuilder</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Subjects Settings <ul style="list-style-type: none"> • Parameters. Fichero *.mp en carpeta donde están 	

	*.c3d <ul style="list-style-type: none"> • Mode. Fichero carrera3.mol • Marker. Fichero carrera3.mkr • Run 	
	Se crea report	
	Polygon. Obtención de datos de las variables. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se abre Report ▪ SE constesta no a la pregunta que aparece ▪ Se importa el fichero C3D ▪ Guardar ▪ Force Plates <ul style="list-style-type: none"> • Doble Click en ForcePlate1 • Doble Click en ForcePlate2 ▪ Nombre Sujeto, Dysplay Sets <ul style="list-style-type: none"> • Doble Click en Autolabel Report ▪ Trajectories <ul style="list-style-type: none"> • Botón Derecho encima Barra-cursor->Show Frames • Kinematic Data/Angles/botón derecho/components <ul style="list-style-type: none"> ○ ->Cadera (componente 2) ○ Rodilla componente 2 ○ Rodilla componente 1 ○ Tobillo componente 2 ○ Tobillo componente 1 • Forces/Plates: <ul style="list-style-type: none"> ○ Componente 1 ○ Componente 3 	

Tabla 33: procesamiento de datos Vicon

ANEXO 6:

EJERCICIOS

Técnica de carrera:

1. Skipping de Rodillas:

Desplazarnos elevando las rodillas, no avanzar demasiado, el pie llega al suelo con la rodilla extendida. Rebotar sobre los pies (pie armado en flexión dorsal), los talones suben a la base del glúteo, alineamiento corporal y braceo correcto. No considerar este ejercicio como elevaciones de rodillas sino como elevaciones de los pies.



Imagen14: skipping

2. Talones al glúteo:

Mismas consignas que con el skipping pero llevando los talones a la parte posterior del glúteo elevando también la rodilla. La pierna de apoyo debe llegar



Imagen 15: talones al glúteo

3. Carrera lateral:

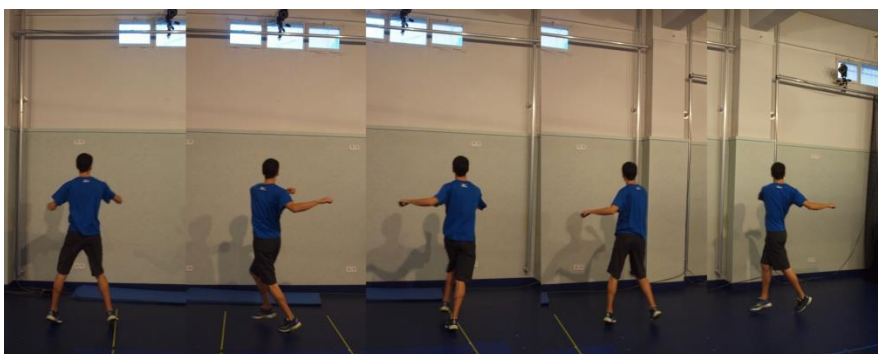
Realizar desplazamientos a cada lado, amplios y rebotando sobre los pies.



Imagen 16: carrera lateral

4. Carrera lateral cruzada:

Realizar el desplazamiento cruzando una pierna por delante y por detrás, realizar mirando a los dos lados.



Imágenes 17 y 18: carrera lateral cruzada

5. Carrera de espaldas:

Desplazarnos de espaldas notando bien el impulso de los pies por delante del cuerpo.



Imagen 19: carrera de espaldas

6. Talón-Punta:

Caminar entrando por el talón del pie, rodamos por toda la planta del pie y salimos por la punta como si fuéramos a ponernos de puntillas, lo hacemos con los dos pies y un pie no avanza más que la longitud del otro pie(Pasos muy cortos). Coordinación de brazos con los pies.

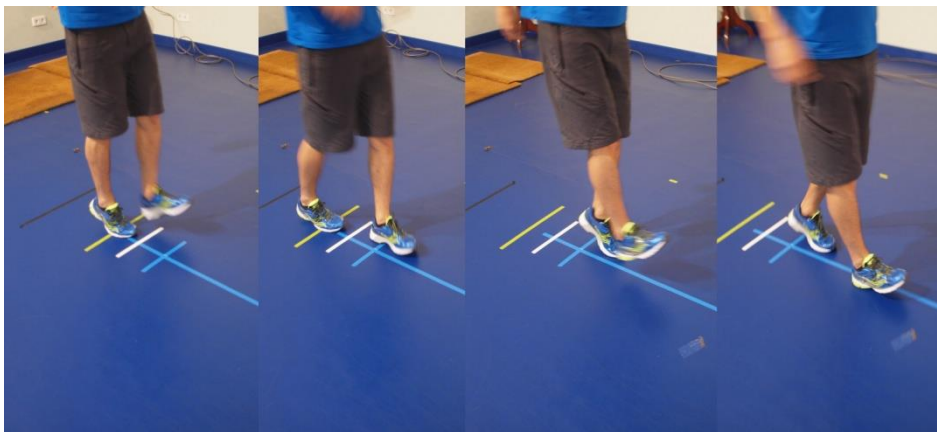


Imagen 20: talón-punta

7. Caperucitas

Se trata de rodar el pie desde el talón hasta la punta realizando al final un impulso que nos hace despegar del suelo. Se puede hacer primero impulsando poco sin subir apenas la rodilla de la pierna libre y luego impulsando más y subiendo la rodilla libre hasta la altura de la cadera.



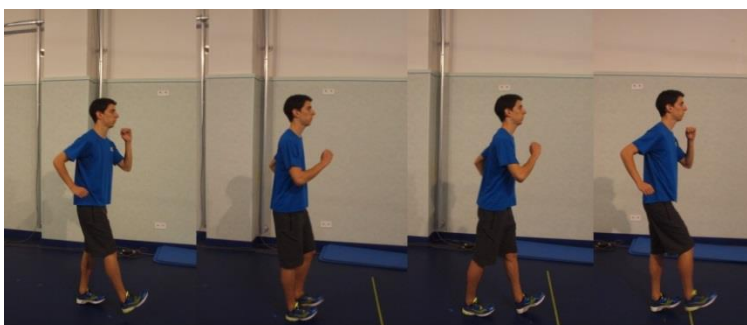
Imagen 21: caperucitas

8. Andar solo de puntillas/talones

Andar desplazándonos solo apoyando los talones o la punta de los pies, con pasos cortos y llevando bien la coordinación de brazos con respecto a las piernas.



Imagen 22 y 23:
andar de puntillas-
talones



9. Tijeras:

Avanzar estirando las piernas por delante sin echar el tronco hacia atrás, pie armado en flexión dorsal tracciona en el suelo como si corriese sobre una alfombra que se quisiera arrugar por detrás. Braceo correcto. Debe tenerse la sensación de tracción +rebote.



Imagen 24: tijeras

10. Batidas encadenadas:

Desplazarse hacia delante elevando rodillas de forma alternativa y buscando altura (de la rodilla) al inicio y el suelo (con el pie) al final y luego con la otra pierna de forma consecutiva.



Imagen 25: batidas encadenadas

Estiramiento /Fortalecimiento

- **Tibial anterior:**

- **Estiramiento:**

Tratar de alejar las puntas de los pies de nuestro cuerpo en la siguiente posición.



Imagen 26: estiramiento tibial anterior

- **Fortalecimiento:**

En varias repeticiones tratar de extender y alejar el tobillo al máximo de su arco de movimiento.



Imagen 27: fortalecimiento tibial anterior

- **Tibial posterior:**

- **Estiramiento:**

Forzar flexión dorsal (imagen izquierda) o tratar de llevar el pie hacia afuera (imagen derecha)

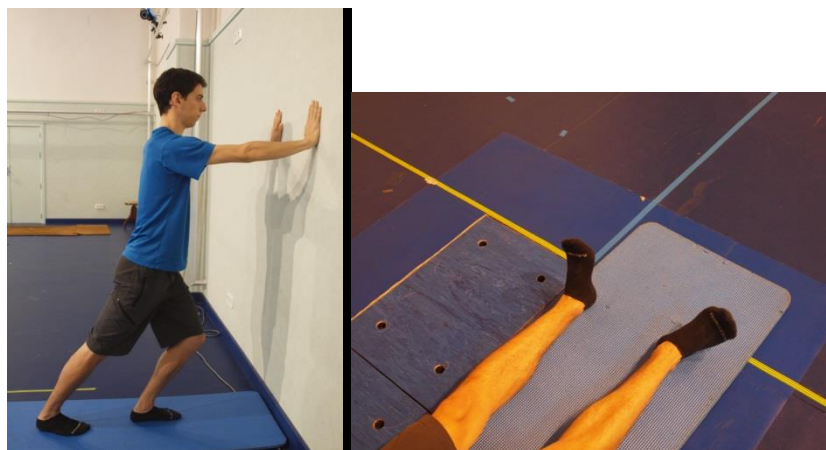


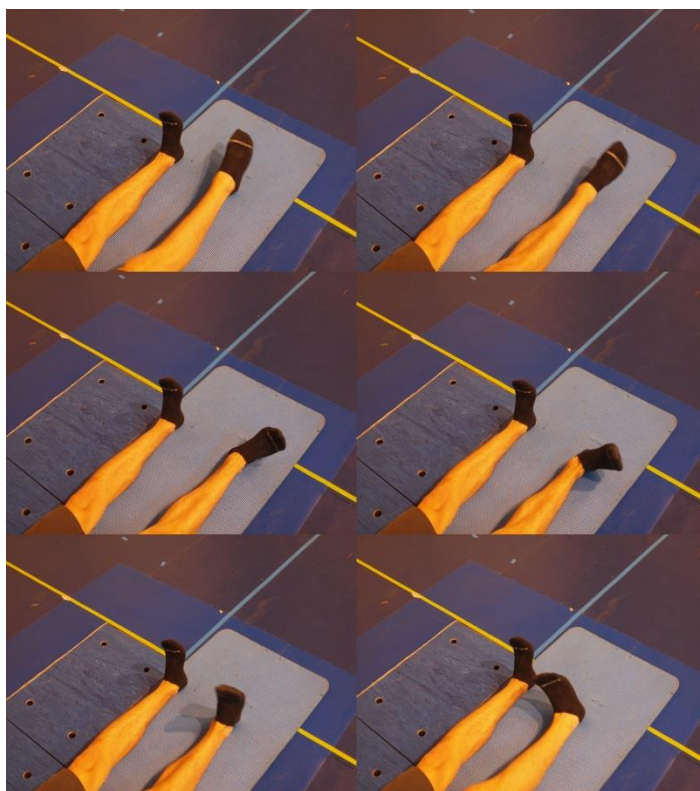
Imagen 28: estiramiento tibial posterior

○ **Fortalecimiento:**

Realizar flexión plantar del tobillo o rotaciones de tobillo hacia dentro.



Imagen 29 y 30: fortalecimiento del tibial posterior



- **Peroneo lateral largo:**

- **Estiramiento:**

Intentar mirarnos la planta del pie.



Imagen 31: estiramiento peroneo lateral largo

- **Fortalecimiento:**

Mismo ejercicio que para el tibial anterior pero realizándolo en la dirección contraria.

- **Flexor dedos:**

- **Estiramiento:**

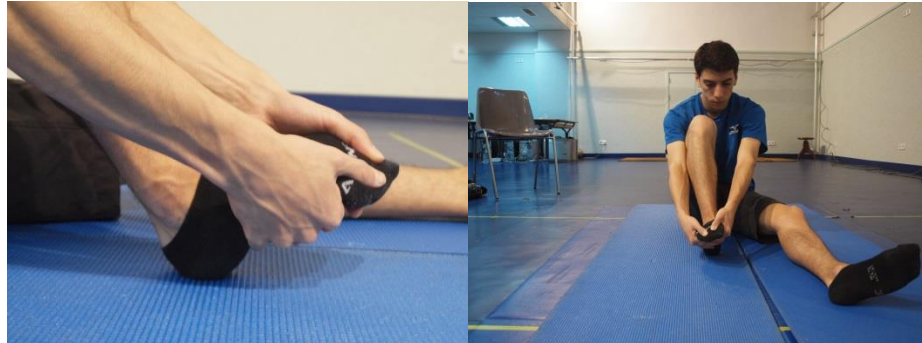


Imagen 32: estiramiento de los dedos del pie

- **Fortalecimiento:**

Tratar de acercar los dedos de los pies al cuerpo.



Imagen 33: fortalecimiento de los dedos del pie

- **Extensor de los dedos:**

- **Estiramiento:**



Imagen 34: estiramiento de los dedos del pie

- **Fortalecimiento:**

Intentar agrupar los dedos



Imagen 35: fortalecimiento extensor de los dedos

- **Gemelos:**

- **Estiramiento:**

La pierna retrasada se extiende



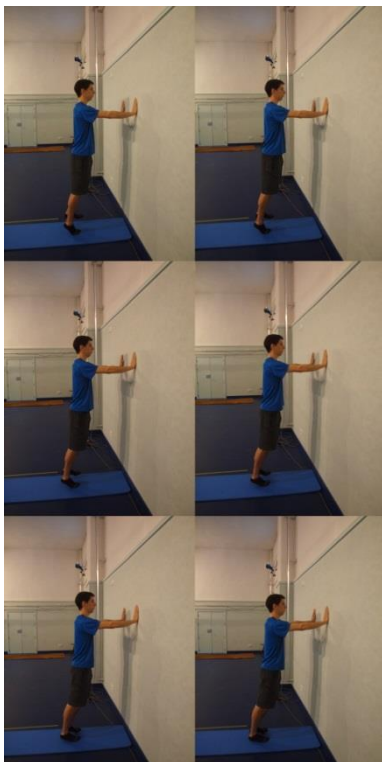
Imagen 36: estiramiento de gemelos

- **Sóleo:**
 - **Estiramiento:**



Imagen 37: estiramiento del soleo

- **Fortalecimiento de los dos músculos anteriores:** Elevar y descender el cuerpo usando solo un tobillo.



Imágenes 38 y 39: fortalecimiento de los músculos anteriores

